This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

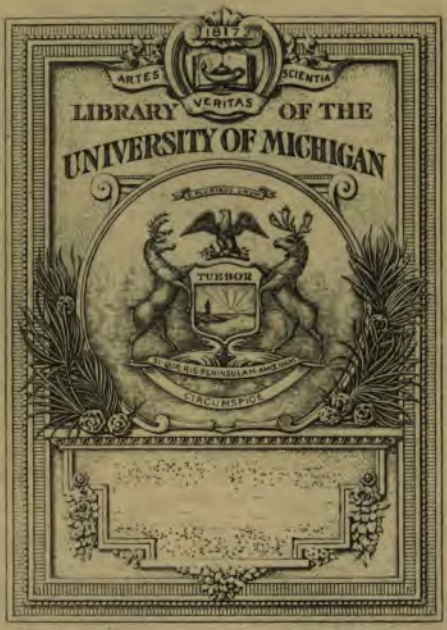
About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

BOHR B

a39015 00006329 0b

Digitized by Google



Digitized by Google

SCIENCE LIBRARY
QH
301
.V96
cop. 2

Digitized by Google

Digitized by Google

#1.65

Digitized by Google

VORTRÄGE UND AUFSÄTZE

ÜBER

ENTWICKELUNGSMECHANIK DER ORGANISMEN

HERAUSGEGEBEN VON

WILHELM ROUX.

HEFT I.

DIE ENTWICKELUNGSMECHANIK, EIN NEUER ZWEIG DER BIOLOGISCHEN WISSENSCHAFT.

VON

WILHELM ROUX.

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1905.

Digitized by Google

HEFT I.

DIE
ENTWICKELUNGSMECHANIK
EIN NEUER ZWEIG
DER BIOLOGISCHEN WISSENSCHAFT.

EINE ERGÄNZUNG ZU DEN LEHRBÜCHERN
DER ENTWICKELUNGSGESCHICHTE UND PHYSIOLOGIE DER TIERE.

NACH EINEM VORTRAG

GEHALTEN IN DER ERSTEN ALLGEMEINEN SITZUNG
DER VERSAMMLUNG DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
ZU BRESLAU AM 19. SEPTEMBER 1904

VON

WILHELM ROUX.

MIT ZWEI TAFELN UND EINER TEXTFIGUR.

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1905.

Digitized by Google

Alle Rechte, besonders das der Übersetzung, werden vorbehalten.

Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

Digitized by Google

C. H. K.

3-31-1933

Vorwort.

Unter dem Titel „Vorträge und Aufsätze über Entwickelungsmechanik" beabsichtige ich, im Verein mit einer Anzahl von Forschern Abschnitte dieses Gebietes in gemeinverständlicher Fassung erscheinen zu lassen. Dies soll vorzugsweise geschehen, wenn ein Abschnitt genügend abgeklärt ist, um einem größeren Publikum dargeboten werden zu können; andererseits aber auch, sofern auf einem Spezialgebiete so viel Resultate gezeitigt worden sind, daß eine übersichtliche Darstellung des Hauptsachlichen erwünscht ist. Jeder Artikel ist in sich geschlossen und einzeln käuflich.

Der nachstehende erste Vortrag enthält die Einführung in das Gebiet: Ziele, Methodik, die ersten grundlegenden Untersuchungen, eine Andeutung über die Hauptgruppen der bereits gezeitigten Ergebnisse und eine Erörterung über mechanistische Erklärbarkeit des organischen Gestaltungsgeschehens einschließlich der Regulationen.

Mehr für Biologen von Fach ist eine große Anzahl von Anmerkungen beigefügt worden, welche weitere Ausführungen des im Vortrage nur Angedeuteten sowie genauere Definitionen und Begründungen enthalten und zugleich die Analyse der Entwickelung in die hier allein behandelten Gruppen der allgemeinsten organisch-gestaltenden Wirkungsweisen vervollständigen. Besonders umfänglich ist die Ausführung über das Wesen des Organischen und die Urzeugung (Anm. Nr. 24), geworden.

Digitized by Google

Die theoretischen Ausführungen stellen dar, wie ich mir die Probleme zurecht gelegt habe. Es sind Reproduktionen resp. Weiterführungen der bereits in meinen allgemeineren Schriften der Jahre 1881 und 1885 (Nr. 2a und 4) niedergelegten Auffassungen, die zum Teil nur wenig bekannt geworden sind. Andererseits werden die Biologen erkennen, daß meine Auffassungen vielfach wesentlich andere und anders begründete sind, als sie in den Schriften mancher Autoren sich dargestellt finden.

Dem von einigen Referenten gelegentlich der Anzeige meiner „gesammelten Abhandlungen" geäußerten Wunsche nach einer gesonderten zusammenfassenden Darstellung der Ergebnisse meiner Arbeiten jetzt noch für sich zu entsprechen, wäre bei der großen Vermehrung unserer Kenntnisse durch viele ausgezeichnete Arbeiten von Strebensgenossen nicht mehr zeitgemäß. Doch wurden, um den entsprechenden Wünschen der Fachleute nach Genauerem als dem hier Gebotenen entgegenzukommen, in Einklammerung sehr viele genaue Hinweise auf meine Originalarbeiten sowie eine Anmerkung (Nr. 111) mit Hinweisen auf im Texte nicht berührte Untersuchungen eingefügt. Erstere werden hoffentlich die übrigen Leser nicht zu sehr belästigen.

Die Schrift ist während des Druckes auf das Mehrfache des ursprünglich beabsichtigten und des bei einer solchen Darlegung üblichen Umfanges angewachsen. Möchten die Leser nicht finden, daß in dem Bestreben, viele vorgekommene Mißdeutungen zu berichtigen und solchen in Zukunft vorzubeugen, zu viel an Ausführlichkeit und Variation der Darstellung geschehen sei. Ein beigegebenes Sachregister soll die Auffindung des einzelnen erleichtern.

Es sei noch bemerkt, daß die aufgestellten allgemeinsten, fast durchweg noch sehr „komplexen" gestaltenden Wirkungsweisen in ihrer Realität und funktionellen Bedeutung in keiner Weise von den zugleich angedeuteten selektionistischen Ableitungen ihrer selbst abhängig sind und daher durch eine andere phylogenetische Ableitung nicht an Bedeutung verlieren.

Digitized by Google

Bis die Entwickelungsmechanik in ausreichendem Maße in die Lehrbücher der Entwickelungsgeschichte und der Physiologie der tierischen Lebewesen aufgenommen ist, kann das hier Gebotene zugleich zur wesentlichen Vervollständigung aller dieser Bücher (weniger von Korschelt-Heiders Lehrbuch) dienen.

Ich hoffe, daß diese kleine Schrift zur Aufklärung über die neue kausale Forschungsrichtung der Zoologie beitragen und ihr neue Anhänger gewinnen, sowie Anregung zur erneuten Prüfung und Weiterführung der dargebotenen, nur die Charaktere des Versuches einer Annäherung ersten Grades an die Wahrheit tragenden Analyse geben werde.

Halle a/S., 1905.

WILHELM ROUX.

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

I. Allgemeines.

Einleitung 1
Definition der Entwickelung 2
C. Fr. Wolffs Epigenesis 2
Deskriptive Aufgabe der Entwickelungsgeschichte 3
Ursächliche Aufgabe: Ermittelung des Wirkens, der Wirkungsweisen 5
Abweichung vom „einfachsten" Geschehen 6
Pander-His' Ableitung der Formbildung von ungleichem Wachstum 9
Ableitung von der Änderung der Struktur 10
Neuformulierung der Epigenesis und Evolution s. Präformation: Neoepigenesis und Neoevolutio (s. Nr. 22 u. 124) . . 12
Methode exakter ursächlicher Forschung 13
Aus der Beobachtung des typischen Entwickelungsgeschehens können keine sicheren ursächlichen Folgerungen abgeleitet werden 14
Notwendigkeit des Experiments 15
Verschiedene Arten von Ursachen 15 und deren Wirkungsweisen: 16
einfache, explizite und komplexe Wirkungsweisen 18
Gesetze 19
Die Aufgabe der Entwickelungsmechanik 19
Die Entwickelungsgeschichte muß historische Wissenschaft und Gesetzeswissenschaft werden 20
Unterschied von Gesetz und Regel, also von Wirken und Vorkommen . . . . . 22—26
Die Namen Entwickelungsmechanik, Entwickelungsphysiologie, experimentelle Embryologie 26
Die Arten der Versuche: blinder, deskriptiver, formalanalytischer, kausal-unbestimmter, kausal-analytischer Versuch . . . 27
Typische und atypische, normale und abnorme Entwickelung . . . . . 28 u. 40
Allgemeine und spezielle Entwickelungsmechanik . 28

Digitized by Google

II. Erste entwickelungsmechanische Untersuchungen 30
Ursache der Bestimmung der Hauptrichtungen des Embryo im Ei 30
Implizite und explizite Determination 31
Zeit der expliziten Determinierung der Hauptrichtungen . . . 31
Ursache derselben 35
Beurteilung der Abweichungen . . . . . 36—38
Determinierende Wirkung der Dotteranordnung . . 37
Ort der Entwickelungsursachen:
der Determinationsursachen und der Realisationsursachen 39
äußere Ursachen: Wirkung von Luft 41, der Schwerkraft . . 42
Die typischen Determinationsursachen liegen im Ei (s. a. Nr. 79) 43
Selbstdifferenzierung der Medullarplatte 45
Ist die Entwickelung formales Gesamtwirken aller Eiteile? 45
Wirkung von Deformationen des Eies 45
Sind alle Teile des Eies zur Entwickelung nötig? 46
Defektversuche am Ei. 47; Hemiembryonen 49
Das entwickelungsmechanische Vermögen (Potenz) der einzelnen Furchungszellen (s. a. Nr. 86a) 49
Mosaikarbeit 50
Zusammenfassung der ersten Arbeiten 51

III. Hauptarten der weiteren Versuche:
A. Über typische Leistungen.
Über Selbstdifferenzierung 53
Spezifikation 55
Abhängige Differenzierung 56
Wirkung äußerer Faktoren 57
Künstliche Parthenogenesis 58. Merogonie 59
Gestaltende Potenzen des Zellkerns, des Zellleibes 59
Anorganische Versuche zur Nachahmung der gestaltlichen Leistungen einzelner Zellen 61
Funktionelle Gestaltungen 62
Zusammenfassung über die typische Entwickelung . 63
B. Über regulatorische Entwickelung 64
Die Selbstregulation eine elementare Eigenschaft der Lebewesen 65
Postgeneration 65. Regeneration 65. Superregeneration . . . 66
Regulatorische Leistungen isolierter Furchungszellen 67
Abhängigkeit der Gestaltungspotenz von der Gestalt der Zelle resp. von der Dotteranordnung 68
Zwei typische Entwickelungsarten (s. a. Nr. 123) . . . 69
Künstliche Veranlassung zur Bildung von zwei Seelen 70
Abhängigkeit der Gesamtentwickelung von der Gesamtform . . 71
Bedeutung der elektrischen Gesamtpolarisation geschwächter Morulae 72

Digitized by Google

Vermittelung der Gesamtwirkung bei Störungen 72
Entwickelungsmechanische Literatur 74
IV. Über die mechanistische Erklärbarkeit der Selbstregulationen 76
Nichtnötigsein teleologischer Erklärung 77
Identität von Dauerfähigkeit und Zweckmäßigkeit . 77
Unzweckmäßige Regulationen 78
Mechanistische Theorie der funktionellen Anpassung 79
Prinzip der trophischen Wirkung funktioneller Reize 81
Mechanistisches Prinzip der direkten Selbstgestaltung des Zweckmäßigen 82
Erklärbarkeit der Regeneration 82
Die besondere Art der Störung ist die zureichende determinierende Ursache der besonderen Art der im Einzelfalle stattfindenden Regulation 84, 86
Chemische Selbstregulation gegen Gifte, Bildung der Antitoxine 84
Gestaltende Leistungen unserer Seele 88
Nichtnötigsein einer besonderen gestaltenden Seele 89

Anmerkungen.

Nr. 11. Die zwei kausalen Hauptperioden der Ontogenese. 94
Nr. 16. His' Ableitung der Formbildung durch Stauung (s. a. S. 187) 99
Entwickelungsmodell (s. a. S. 175, 207) 99
Nr. 22. Neoepigenesis und Neoevolutio (Praeformatio, s. a. 206, 244) 101
Nr. 22a. Heuristischer Wert ursächlicher Ableitungen aus deskriptiven Beobachtungen 104
Nr. 24. Wesen des Lebens 105
Urzeugung 108
Probleme der chemischen und morphologischen Assimilation (s. a. S. 190, 256) 119
Nr. 25. Einfache Ursache der Jahreszeiten. 132
Nr. 25a. Möglichkeit der Erforschung der Wirkungsweisen. Beschränkung der Identität von Ursache und Wirkung 133
Nr. 27a. Teilursachen: Faktoren und Komponenten . . . 135
Nr. 29. Verschiedene Formulierungen unserer Aufgabe und ihre Gegner 141
Nr. 30. Unrichtige Anwendung des Wortes „Gesetz“ 145
Nr. 33. Kontinuität des Keimplasmas 147
Nr. 35. Das deskriptive Experiment 147

Digitized by Google

Nr. 36. Die Probiologie, die Lehre von den Vorstufen des Lebens 149
Nr. 38. Vorentwickelung, Proontogenesis 152
Nr. 41a. Ursächliche Verschiedenheit der Beständigkeit des Vorkommens und der Beständigkeit des Wirkens 154
Nr. 44. Einteilung der Funktionen der Lebewesen. Die Namen Entwickelungsmechanik und Biomechanik . . 155
Nr. 46. Naturalismus in der Kunst und deskriptive Morphologie 156
Nr. 49. Implikation, implizite und explizite Mannigfaltigkeit 157
Nr. 55. Stellung des Froschembryo im Ei 159
Nr. 55a. Lage des Froschembryo zum Urmund 159
Nr. 57. Zur willkürlich lokalisierten Befruchtung 160
Nr. 63. Determination der Hauptrichtungen des Embryo durch die Dotteranordnung 162
Die cytoplasmatische Ungleichheit der ersten Furchungszellen 162
Nr. 66. Einwendungen auf Grund der Verwechselung von Vorkommen und Wirken etc. 165
Nr. 67. Unrichtige Beurteilung der Abweichungen von der funktionellen Knochenstruktur 167
Nr. 67a. Determinations- und Realisationsursachen . 172
Nr. 69a. Determination in unserem Entwickelungsmodell (S. 99) . 175
Nr. 71a. Variabilität der atypisch determinierenden Wirkung der Schwerkraft (s. a. S. 178) 176
Nr. 74. Nichtnötigsein der Schwerkraft zur tierischen Entwickelung 177
Nr. 77. Determinierende Wirkung der Schwerkraft (s. a. S. 176) 178
Einstellung der Kernspindel „rechtwinkelig" zur Ebene der größten Protoplasmaausdehnungen (s. a. S. 192) 178
Nr. 78. Die Differenzierungsarten 179
Selbstdifferenzierung eines Gebildes geschieht durch abhängige Differenzierung seiner Teile 182
Nr. 79. Das Typische ist das im Keimplasma Determinierte 182
Nr. 81. Verschiedene Arten der Betätigung von His' Gestaltungsprinzip (s. a. S. 99) 187
Nr. 82. Arten des organischen Wachstums und der Assimilation s. a. S. 119 187
Nr. 82a. Komplexe Anpassung der Embryonen an passive Deformation 191
Nr. 83. Abhängigkeit der Teilungsrichtung der Furchungszellen von ihrer Gestalt (s. a. S. 178) . . 192

Digitized by Google

Nr. 86a. Das entwickelungsmechanische Vermögen (Potenz) 195
Nr. 87. Beschränkte Gültigkeit der Folgerungen 196
Nr. 89. Fehlen der Postgeneration beim Embryo eines Säugers 196
Nr. 90. Selbstdetermination bei Doppelbildungen 197
Nr. 90a. Rabl's u. a Verwechselung der Bedeutung deskriptiver und experimenteller Ergebnisse 197
Nr. 91. Andere Formulierung der Frage nach dem Ort der Gestaltungsursachen 200
Nr. 92. Historisches über die ursächliche Ortsforschung auf dem Gebiete der Biologie 200
Nr. 93a. Historisches über die Defektversuche am Ei . . . 204
Nr. 94. Nichterfüllung der analytischen Versuchsbedingungen in Nachversuchen 205
Nr. 96. Arten der Determination 206
Prinzip der sukzessive kleineren Determinationsbezirke (s. S. 244) 206
Nr. 97. Intraelektrolytäres Verhalten der Froscheier 210
Nr. 101. Spezifikation und Specietät 211
Nr. 103a. Zur Bildung der Linse des Auges 214
Nr. 107. Unterscheidung von Reizwirkungen und gestaltenden Reaktionen 215
Nr. 108. Meine Versuche mit chemischen Reagentien 216
Nr. 110. Deutung der Experimente über die Vererbung vom Individuum erworbener Eigenschaften 217
Nr. 111 Weitere Anwendung anorganischer Versuche zur Aufklärung organischer Gestaltungsvorgänge: 218
an den Blutgefässen 218, den Knochenstrukturen 219, Kampf der Flammen 219, Furchungsbilder an Öltropfen 220, Selbstkopulation von Tropfen 221
Nr. 113. Funktionelle Implantation und funktionelle Regeneration 224
Nr. 114a. Die Selbstregulation eine Grundeigenschaft der Lebewesen 225
Nr. 115. Über Postgeneration (s. a. S 196, 240) 227
Nr. 117. Entwickelung von beliebig abgegrenzten Eistücken . . 232
Nr. 118. Besondere Leistungen der Eier der ersten Gruppe . . 232
Nr. 119. Besondere Bedingung der Determination des Hemiembryo im Froschei 233
Nr. 120. Umkehrung der Froscheier nach der ersten Furchung . 234
Nr. 121. Notwendigkeit der Scheidung von typischem und atypischem Gestaltungsvermögen 235
Nr. 122. Beweis von Postgeneration (s. Nr. 115) 240
Nr. 123. Verschiedene Arten der typischen Entwickelung 241

Digitized by Google

Nr. 124. Fortschritt in der Erkennung des Vorkommens von Epigenesis und Evolution (Praeformation, s. a. S. 101) 244
Nr. 125. Überbrückung der Kluft zwischen deskriptiver und kausalanalytischer entwickelungsgeschichtlicher Forschung 243
Nr. 126. Notwendigkeit besonderer Lehrstellen und Institute für Entwickelungsgeschichte 246
Nr. 127. Zur Literatur 247
Nr. 128. Verwendbarkeit der Teratologie und des Experimentes zur Erkenntnis des „typischen" Entwickelungsgeschehens 249
Nr. 129. E. Häckels unzutreffendes Urteil über die Entwickelungsmechanik 252
Nr. 131. Identität von Zweckmäßigkeit und Dauerfähigkeit der Organismen 254
Nr. 132. Notwendigkeit der Umformulierung bei weitergehender Analyse, speziell in Anwendung auf die Theorie der funktionellen Anpassung 255
Nr. 133. Die gestaltenden Wechselwirkungen zwischen explizitem Teil und implizitem Ganzen 258
Nr. 133a. Selbstdifferenzierung bei der Regeneration durch Sprossung 259
Nr. 133b. Zur mechanistischen Erklärbarkeit der Totalpotenz beliebig abgegrenzter Stücke eines Lebewesens 260
Nr. 134. Entstehungsmöglichkeit der „dauernden" Immunität 263
Nr. 135a. Mechanistische Eigenschaften des seelischen Geschehens 264
Nr. 137. Mechanistische Entstehungsmöglichkeit der Abstraktion . 265
Nr. 137a. Zweifelhafte Homogenität der Leistungen der „gestaltenden Seele" 267
Nr. 138. Teleologen 267
Literatur allgemeineren Inhalts 274

Digitized by Google

Hochansehnliche Versammlung!

Der Gedanke der Entwickelung alles Bestehenden ist eine der größten Errungenschaften der Geistesarbeit des vergangenen Jahrhunderts. Im früheren Jahrhundert zuerst auf Einzelgebieten gewonnen, wurde er dahin erweitert, daß alles jetzt Vorhandene allmählich durch Entwickelung entstanden sei, und daß diese Entwickelung auf natürlichem, gesetzmäßigen Wege, durch das Wirken der Naturkräfte, nicht durch plötzliche Schöpfung, nicht durch Wunder bewirkt worden ist.

So die Weltkörper am Himmel und die Erde, ihre Rinde mit allen ihren Schichten, das erste Leben auf ihr und die Gesamtheit aller daraus hervorgegangenen Lebewesen.

Vom einzelnen Lebewesen war es schon längst bekannt, daß es eine Entwickelung durchmacht. Doch war sie dicht mit Schleiern umgeben, die nur nach und nach gelüftet worden sind und uns auch jetzt noch vieles, ja das meiste verhüllen, vieles wohl ewig verhüllen werden.

Wollen Sie mir gestatten, Ihnen von dem auf diesem Gebiete Errungenen zu berichten, insbesondere von einem neuen Trieb, der an diesem Teile des Baumes der Wissenschaft vom Leben seit etwa zwei Jahrzehnten aus einem früher schon angesetzten Keime erwachsen ist und jetzt bereits einen ansehnlichen Zweig der Biologie darstellt.

Früher glaubte man, in dem Ei schon die äußeren Teile des fertigen Tieres erkennen zu können und nahm daher an, daß die

Digitized by Google

weitere Bildung, ähnlich der Entwickelung einer Pflanzenknospe, hauptsächlich in einer Entfaltung, in einem Aufwickeln des Zusammengelegten, unter Vergrößerung desselben bestünde.

Auf diese Vorstellung gründet sich der allgemein gebräuchlich gewordene Name „Entwickelung", Evolution, für die Bildung eines Lebewesens aus dem Ei. Dieser Name erwies sich aber für die Bildung der Tiere schon bei der ersten genauen Prüfung als ganz unrichtig.

Kaspar Friedrich Wolff erkannte bereits vor fast 150 Jahren, daß bei dem Beginne der Entwickelung des Hühnchens im Ei von einem Kopfe und einem Rumpfe, von Armen und Beinen, die man zu sehen geglaubt hatte, nichts vorhanden ist, sondern daß zunächst nur ein ebenes Blatt gebildet wird, wie es Figur 1 auf Tafel I zeigt, und daß diesem dann noch zwei weitere Blätter sich anfügen; alle drei sehen Sie in Figur 2 im Durchschnitt dargestellt. Das sind die drei Keimblätter. Danach entsteht auf der oberen oder Außenseite der Platte durch Erhebung zweier Falten, die Figur 3 darbietet, und durch ihre Vereinigung ein einfaches Rohr, das Nervenrohr, das die Anlage von Gehirn und Rückenmark darstellt. Und auf der entgegengesetzten Seite bildet sich in etwas anderer Weise ein zweites Rohr: das Darmrohr, welches den ganzen Darmkanal liefert. Aus diesen einfachen Rohren und aus den anderen Teilen der drei Keimblätter entstehen unter vielen Formenwandlungen und Abgliederungen später die einzelnen Organe. Aus dem unteren Rohr entsteht der Darmkanal mit allen seinen Teilen und seinen Anhangsgebilden: der Rachen, Kehlkopf, die Lungen, die Speiseröhre, der Magen, der Dünndarm mit Leber- und Bauchspeicheldrüse und der Dickdarm. Aus dem oberen Rohr wird außer der Oberhaut und dem Rückenmark unter fortwährender Bereicherung der formalen Gliederung das so überaus mannigfaltig gestaltete Gehirn mit seiner wunderbaren Struktur gebildet. Das mittlere Keimblatt läßt z. B. die Knochen und Bänder und für alle Organe die Blutgefäße hervorgehen.

Nach dieser durch überaus zahlreiche Beobachtungen errungenen Einsicht ist also die Entwickelung nicht bloß eine „Ent-

Digitized by Google

wickelung" im eigentlichen Sinne des Wortes, also nicht ein Aufwickeln, ein Sichtbarwerden einer von Anfang an vorhandenen Mannigfaltigkeit von Formen und Strukturen, sondern eine Neubildung von formaler Mannigfaltigkeit aus „formal" Einfachem, somit eine Erzeugung von Neuem (Epigenesis).

Mit solchem Nachweis der Bildung der Keimblätter und der Abgliederung aller Organe aus ihnen war die Aufgabe der früheren, der sogenannten beschreibenden Entwickelungsgeschichte noch nicht erschöpft. Wilhelm His [1]) hatte diese Aufgabe erheblich erweitert, indem er verlangte, daß für jedes spätere Organ auch der Ort seines Materials im Keimblatt nachgewiesen werde, und daß diese Zurückprojektion womöglich auch bis auf die ersten Teilzellen des Eies, ja bis auf das ungeteilte Ei auszudehnen sei. C. Rabl [2]), Ed. van Beneden [3]) und A. Goette [3a]) hatten als Erste solche Verfolgung der Produkte der Furchungszellen, der ersten Teilungszellen des Eies in den einfachen Verhältnissen einiger Wirbellosen ausgeführt.

Das Ei hat den Wert einer Zelle. Es teilt sich nach der Befruchtung zunächst in 2 Zellen, dann in 4, 8, 16 Zellen und so fort. Diese ersten Zellen sind etwas abgerundet und haben daher zwischen sich tiefe Furchen. Deshalb wurde der Vorgang früher, ehe man seine Bedeutung als Zellteilung kannte, einfach Furchung genannt, und die Zellen heißen daher Furchungszellen (Blastomeren). In Figur 5 sehen wir z. B. das noch ungeteilte Ei des grünen Frosches von oben, in Figur 4 von der Seite abgebildet. In Figur 6 zeigt es sich nach der ersten Teilung, also in 2 Furchungszellen zerlegt, in Figur 7 nach der zweiten Teilung, im vierzelligen Stadium, beidemal von oben gesehen.

Auf die Furchungszellen und zum Teil auf das noch ungeteilte Ei wurden durch außerordentlich mühsame und scharfe Beobachtungen die späteren Organe vieler Tiere zurückprojiziert.

Denken wir uns diese Art der Kenntnis vollkommen bis ins letzte durchgeführt, so hätten wir folgende Einsicht in das Entwickelungsgeschehen eines Lebewesens erlangt:

Digitized by Google

„Ausgehend von der Kenntnis der Lagerungsbeziehungen aller verschiedenen Teile des befruchteten Eies zueinander wären ermittelt: die Wege, welche jedes gesonderte Bahnen einschlagende Teilchen des Eies bis zu seiner letzten Verwendung zum Aufbau des Organismus durchläuft, sowie auch die Bahnen aller von außen aufgenommenen und bis zur Vollendung der Entwickelung des Individuums zum Aufbaue irgendwie verwendeter Teile; und in synchronistischen Tabellen wäre die Anordnung aller dieser Teilchen zueinander in jedem Momente der Entwickelung zu erkennen. Erst mit dem Ausscheiden von Teilchen aus dem Organismus würden wir dieselben vor der Erreichung des Kulminationspunktes der Entwickelung aus unserer Beobachtung entlassen [4] u. [5]).“ Die Lehre von der Involution hätte die Teilchen auch noch während der nachfolgenden Rückbildung bis zum Alterstod des Individuums zu verfolgen.

Das wäre die höchste, überhaupt nur denkbare, nie annähernd erreichbare Leistung der früheren Art der entwickelungsgeschichtlichen Forschung, welche das Entwickelungsgeschehen, so wie es sich normalerweise von selber darbietet und soweit es sichtbar ist oder aus Einzelbeobachtungen rekonstruiert werden kann, beschreibt. Diese Methode wird deshalb als die deskriptive Forschungsmethode bezeichnet.

Wir werden uns nun zu fragen haben: Wäre diese Kenntnis dann eine vollkommene, eine wenn auch nur prinzipiell erschöpfende?

Würden diese äußersten Leistungen der deskriptiven Forschung unseren Erkenntnistrieb befriedigen?

Wir werden sagen: nein. Denn diese Auflösung des Entwickelungsgeschehens wäre bloß eine gestaltliche, formale; die Entwickelungsvorgänge bestünden danach nur in Beschleunigung und Verzögerung von Teilchen, in Näherung und Entfernung derselben, in Neueintritt und Ausscheidung solcher, also nur in Änderungen der Bewegung und Lagerung.

Jede Änderung eines Zustandes oder Geschehens muß aber durch etwas bewirkt werden, denn nichts kann von selber seinen Zustand der Ruhe oder Bewegung ändern. Dieses Wirkende

Digitized by Google

nennen wir die Ursachen oder die Faktoren des Geschehens. Es fehlt uns also noch gänzlich die Kenntnis der Ursachen der Entwickelungsvorgänge. Sollen wir nicht streben, auch diese Kenntnis, soweit es irgend möglich ist, uns anzueignen? Ich hoffe, Sie werden mir zustimmen, wenn ich diese Forderung vertrete und im Nachfolgenden etwas eingehender begründe.

Doch darf ich Ihnen nicht vorenthalten, daß keineswegs alle Forscher auf dem Gebiete der Entwickelungsgeschichte diese Auffassung von der Notwendigkeit der ursächlichen Erforschung des Geschehens teilen.

So vertritt O. Hertwig [6]) die Auffassung, daß die Beschreibung der sichtbaren Formwandlungen auch die ausreichende kausale Erklärung des Entwickelungsgeschehens sei, da jedes frühere Stadium die Ursache des folgenden ist. „Wir nennen es daher ein kausales Verhältnis erforschen und erklären, wenn gezeigt wird, wie sich die Gastrula „durch Einfaltung" aus einer Keimblase, das Rückenmark „durch Zusammenfalten" einer Zellenplatte zum Rohr anlegt."

Diese Beschreibung der sichtbaren Formwandlungen, die selber nur die Produkte unbekannten ursächlichen Wirkens sind, ist ihm also die ausreichende ursächliche Erklärung. Dementsprechend faßt er seine Auffassung (pag. 67) in die Worte zusammen:

„In dem Entwickelungsprozeß eines Tieres legt die Natur dem Forscher ihre Geheimnisse offen vor, bietet ihm die Quelle unermeßlicher Erkenntnis, die nicht erst durch das Experiment erschlossen zu werden braucht."

Unser Ziel dagegen, das Wirken zu erforschen, existiert demnach für diesen Forscher gar nicht.

Ferner berufen derselbe und manche andere Forcher, z. B. C. Rabl [6a]), sich zur Stütze solcher oder ähnlicher, die spezifisch kausale Forschung für überflüssig erklärender Meinungen auf die Aussprüche einiger berühmter Physiker, insbesondere Kirchhoffs, welcher es als die Aufgabe der Mechanik bezeichnete, das Naturgeschehen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben.

Digitized by Google

Hier ist also von ursächlichem Forschen nicht die Rede, und dies gerade bei der bisher als ursächlich charakterisierten Bewegungslehre, bei der Mechanik. Andere Physiker, wie Hertz und Mach, äußerten sich in ähnlicher Weise.

Hertwig sagt: „Kirchhoff will damit sagen, daß es sich nur darum handeln soll, anzugeben, welches die Erscheinungen sind, die stattfinden."

Dieses Urteil und die vielfach geäußerten ähnlichen Aussprüche beruhen gewiß auf einer unzutreffenden Deutung; denn es wird heutzutage keinen Physiker geben, der das Wirken und die Faktoren desselben, also die Ursachen des Wirkens verleugnen oder auch nur vernachlässigen möchte.

Was der Physiker unter „einfachster Beschreibung" versteht, ist etwas ganz anderes, als diese Vertreter der beschreibenden Richtung sich darunter denken. Es ist nicht eine einfachste Beschreibung des Erscheinenden, also des an sich sichtbaren oder irgendwie sichtbar gemachten Geschehens als seiner Bewegungsvorgänge, als bloßer Form- und Strukturänderungen, auch nicht eine Ableitung solchen Geschehens aus den einzelnen beobachteten Stadien unter Annahme der formal einfachsten Übergänge.

Der Physiker will das seiner Forschung zugehörige Geschehen einschließlich des Wirkens auf die einfachste Weise, das heißt unter Annahme der wenigsten und einfachsten Wirkungsweisen beschreiben, nicht aber unter Vernachlässigung dieses Wirkens.

Das Wort: auf die einfachste Weise ist zudem hier auch nur ein Notbehelf, ein Ersatz für: auf die wahrste Weise. Dabei wird die Annahme gemacht, daß das Einfachste auch das Wahrscheinlichste sei, eine Annahme, die nur für das Einzelgeschehen oft zutreffend ist, für Ketten von Vorgängen, wie wir sie in den organischen Gestaltungen vor uns haben, ganz unrichtig ist. Solche Ketten machen Umwege wie die Flüsse, welche die gleichwohl an jeder einzelnen Stelle auf die einfachste Weise, nämlich auf dem nächsten Wege, möglichst starken Gefälles dem Zentrum der Erde sich nähern. Solche Umwege macht bekanntlich vielfach auch schon die sichtbare Entwickelung, indem vieles Gebildete dabei wieder rückgebildet

Digitized by Google

wird. So wird es mit dem unsichtbaren Geschehen ebenfalls sein. Außerdem werden viele Resultate nicht direkt durch eine einzige Wirkung bloß zweier Faktoren, sondern als Resultate des Wirkens mehrerer Faktoren, also gleichfalls nicht auf die denkbar einfachste Weise hervorgebracht.

Die dem Ausspruche Kirchhoffs unterstellte Deutung beruht außerdem auf dem Übersehen der Bedeutung des Wortes „vollständige Beschreibung" des Geschehens. Die Vollständigkeit schließt das Wirken und damit die ursächliche Forschung ein.[7]) Glauben Sie wohl, daß die modernen Physiker alle die Ergebnisse ihrer ursächlichen Experimente nicht mit in die von ihnen angestrebten Differentialgleichungen des Geschehens hineinnehmen, sondern sich bloß auf die rein beschreibende Kinematik beschränken und die Kinetik, die Wissenschaft von der ursächlichen Darstellung des Geschehens verwerfen wollen? Oder dürfen wir glauben, es gäbe einen Physiker, der den Inhalt des Satzes vom Parallelogramm der Kräfte, das heißt das durch ihn bezeichnete Wirken, welches die Resultate aus den wirkenden Komponenten hervorbringt, verleugnen werde? Sicher nicht![8]) Anm.

Das Wirken, also das ursächliche Geschehen, läßt sich natürlich auch beschreiben, wenn man es erst ermittelt hat, resp. soweit es erforscht ist. Das ist aber dann eine ursächliche Beschreibung, eine Darstellung des ursächlichen Wie des Geschehens, im Unterschied zu dem bloß das sichtbare Geschehen, die „Erscheinung" schildernden deskriptiven Wie.

Die Notwendigkeit einer ursächlichen Ableitung, auch des Entwickelungsgeschehens eines Lebewesens ist schon von Aristoteles, Cartesius u. a. Philosophen, unter den entwickelungsgeschichtlichen Forschern von C. Fr. Wolff, von C. E. von Baer erkannt, zuletzt noch von O. Bütschli[9]) erwähnt worden.

Aber bevor in dieser Weise geforscht werden konnte, mußte erst einmal ein Überblick über das gestaltliche Bildungsgeschehen gewonnen sein. Die bei diesem Bestreben ermittelten tausendfachen einzelnen Formenwandlungen wurden dann auf wenige elementare Formenwandlungen als: Vergrößerung, Bie-

Digitized by Google

gung (inkl. Faltung), Ausstülpung, Einstülpung, Sonderung (Abschnürung, Spaltung), Verschmelzung zurückgeführt. Das war eine wesentliche Vereinfachung, aber doch nur eine „gestaltliche Analyse", die nur irrtümlicherweise vielfach für eine ursächliche gehalten worden ist und noch gehalten wird, weil aus diesen formalen Vorgängen die einzelnen Gestaltungen hervorgehen. Diese Vorgänge stellen an sich kein Wirken, sondern bloß Produkte unbekannten Wirkens dar. Soweit die verwendeten Bezeichnungen aber ein Wirken andeuten, wie es die Worte Abschnürung, Ausstülpung, Spaltung tun, sind sie bloß als für den Effekt des Geschehenden passende Gleichnisse verwendet; nicht aber ist wirklich ermittelt worden, daß ein diesen Namen entsprechendes Wirken vor sich gehe. Sogenannte Abschnürungen sind sehr häufig; aber wirklich abgeschnürt wird in der normalen Entwickelung wohl nie; selten nur wird wenigstens von zwei entgegengesetzten Seiten abgequetscht. Meist ist das als Abschnürung bezeichnete formale Geschehen keine dem Namen entsprechende, allseitige passive Trennung der gesonderten Teile, sondern im Gegenteil Selbstlösung ihres Verbandes.

Wirklich kausale Erkenntnis organischer Gestaltungsvorgänge verdanken wir auf zoologischem, speziell menschlichem Gebiete den pathologischen Anatomen und Chirurgen, sowie auch einigen anatomischen Forschern wie Cruveilhier, Ludwig Fick. Sie haben uns einige kausale Zusammenhänge von Gestaltungen, aber nur der postembryonalen Periode, kennen gelehrt. Daher konnten diese Ergebnisse nicht zum Ausgangspunkte für die ursächliche Erforschung der embryonalen Entwickelung genommen werden; denn bei jener ist schon alles angelegt, gesondert, ja ziemlich weit ausgebildet, während hier die Sonderung erst zu geschehen hat. Wir erhielten sogar bald Veranlassung dem entsprechend zwei Perioden von wesentlich verschiedenem gestaltenden Wirken in der Entwickelung zu unterscheiden, eine erste Periode der vererbten Gestaltungen, die Periode der Organanlage etc. und eine Periode der funktionellen Ausgestaltung des Angelegten. [10] u. [11]) Anm.

Auf pflanzlichem Gebiete war die kausale Forschung der tierischen ursprünglich erheblich voraus, weil die normale pflanzliche

Digitized by Google

Gestaltung vielfach in augenfälliger Weise von äußeren gestaltenden Bedingungen abhängt, die zur genaueren Erforschung reizten und sich einzeln leicht fassen und variieren ließen. Das betrifft aber auch wieder nur die Stadien der freien Entwickelung und besonders die allgemeine Zellenlehre. Auf diesem Gebiete errangen viele kausale Aufschlüsse Schwendener, Jul. Sachs, W. Pfeffer, Errera, Berthold, Voechting, Goebel, Wiesner, de Vries, Strasburger, S. Klebs, Gerassimow, Noll u. a. Die embryonale Entwickelung der Pflanzen dagegen ist der exakten kausalen Erforschung viel schwerer zugänglich als die tierische. Das ist wohl der Grund, daß die kausale Zooembryologie der entsprechenden Phytoembryologie vorausgegangen ist. Beide Gebiete müssen resp. mußten überhaupt zunächst selbständig bearbeitet werden; und die Ergebnisse müssen dann verglichen und miteinander in Beziehung gesetzt werden. Keinesfalls dürfen auf dem einen Gebiete gewonnene Ergebnisse ohne besondere Prüfung als auch für das andere Gebiet gültig erachtet werden. Wir behandeln im nachfolgenden allein tierische kausale Embryologie, obschon in letzter Zeit auch die pflanzliche Embryologie interessante ursächliche Ergebnisse gezeitigt hat.

Einen ersten Schritt zur kausalen Erklärung des tierischen embryonalen Entwickelungsgeschehens tat His[11a]) in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts. Er hatte, wie früher schon v. Baer [12]), Chr. Pander[12a]) und H. Hotze [13]) erkannt, daß alle formenbildenden Entwickelungsvorgänge auf ungleiches Wachstum der verschiedenen Stellen der Keimblätter und auf Stauungen an den weniger wachsenden Nachbarteilen zurückgeführt werden können. Dies geschah, indem er beim Nachmodellieren solcher Formen bemerkt hatte[14]), daß durch flächenhafte Ausdehnung einer Stelle der Platte infolge der Stauungen der nicht sich dehnenden Umgebung die Erhebung einer Falte bewirkt wird. Er verwandte viel Sorgfalt darauf, durch vielfache Messungen, das stattgefundene Wachstum wirklich nachzuweisen.

Das dabei verwendete Gestaltungsprinzip ist an sich unzweifelhaft ein richtiges. Aber jede einzelne bestimmte Form kann auf

Digitized by Google

diese Weise durch sehr verschiedene Verteilungen und Größen des lokal beschränkten Wachstums bewirkt werden.

So könnte z. B. die Biegung einer Platte, etwa der Medullarplatte teilweise passiv durch Stauung der sich verbreiternden Platte an ihrer seitlichen Umgebung, oder ganz passiv durch Stauung der sich seitlich verbreiternden Umgebung an ihr entstehen, beide Male also unter wesentlicher Mitwirkung außerhalb des zu gestaltenden Organes gelegener Teile. Andererseits aber kann die Platte auch durch Wirkungen, welche rein in ihr selber stattfinden, z. B. durch Vergrößerung an der konvex werdenden Seite oder umgekehrt durch Verkleinerung an der konkaven Seite verursacht werden, usw., wie ich dies seiner Zeit dargelegt habe. [15] u. [16]) Anm.

His nahm somit eine mögliche Ableitung sogleich als die wirkliche hin, ohne zu fragen, ob sie die einzig mögliche ist, und ohne mit geeigneten Methoden den Nachweis ihrer Wirklichkeit zu versuchen. Immerhin war es seinerzeit ein kühner, vielfach sogar mit Spott aufgenommener Versuch, in die Ursachen des Entwickelungsgeschehens mit einem so einfachen ursächlichen Prinzip einzudringen, wenn natürlich auch die weitere Frage: nach den Ursachen dieses in typischer Weise verteilten ungleichen Wachstums noch nicht beleuchtet wurde.

Einen weiteren wesentlichen Schritt zum Kausalen führte die gleichfalls von His, von A. Goette [17]), Rauber [17a]) u. A. theoretisch geforderte und von ihnen selber sowie von H. Strasser [18]) u. A. empirisch begonnene Ableitung der größeren Formenwandlungen von den Vorgängen an den einzelnen tätigen Bausteinen, den Zellen: von Wachstum, Verkleinerung (Schwund), Teilung, Umgestaltung und Umordnung der Zellen, denn diese kleinen Vorgänge können diese großen Umformungen in der Tat bewirken. Doch ist auch hierbei immer noch das direkt beobachtete typische Geschehen sehr vieldeutig, es sind in jeden Einzelfall verschiedene Ableitungen möglich. Außerdem bedürfen natürlich diese Zellvorgänge selber auch wieder der ursächlichen Ableitung.

Die genannten und viele spätere Forscher haben sich ernstlich bestrebt, aus den sichtbaren Strukturumwandlungen auf die

Digitized by Google

nächsten ursächlichen Vorgänge derselben, auf die Vorgänge an den einzelnen Zellen zu schließen, indem sie die Vielheit von Änderungen auf die einfachsten Umlagerungen zurückzuführen und deren denkbare Ursachen abzuleiten suchten. Sie haben so mit Scharfsinn manches ursächliche Geschehen, manche Arten des Wirkens wahrscheinlich gemacht. Immer bleiben aber stets viele Zweifel, und der Beweis der Richtigkeit der schließlich angenommenen Ableitung war mit der angewendeten Methode nicht zu erbringen.[18a]) Anm.

Diese beiden Instanzen des typischen Wirkens: die großen äußeren Formenwandlungen und die strukturellen Umwandlungen gestatteten also bei bloßer Beobachtung des Geschehens, genauer bloß der Produkte des Geschehens keine sicheren Schlüsse auf die Ursachen desselben, auf das ursächliche Wirken.

Als Vorläufer kausaler Erforschung der Entwickelung sind ferner zu nennen E. Geoffroy Saint-Hilaire, Valentin, Panum, Leuckart, zuletzt L. Gerlach[19]) und besonders Dareste[20]), welche künstliche Mißbildungen erzeugten; diese Versuche konnten aber ihrer Art nach noch nicht zur ursächlichen Analyse des Entwickelungsgeschehens führen. Sie ließen manchen Kausalzusammenhang ahnen; aber selbst Darestes Versuche mit starker Erwärmung, Erschütterung waren noch zu unbestimmt, nicht ausreichend analytisch, um genaue Aufschlüsse zu geben. Gerlachs Versuch durch Überfirnissung des Hühnereies mit Freilassen der Stelle der Kopfbildung in gabeliger Form, um so eine Doppelbildung zu veranlassen, hatte schon ein spezielleres Ziel; er erwies sich aber als ergebnislos. Es wurden dabei prozentisch nicht mehr Doppelbildungen hervorgebracht, als auch ohnedies vorkommen.[20a]) Dagegen bildete Gerlach später eine gute Methode aus, um das Hühnerei behufs experimenteller Eingriffe leicht und wiederholt öffnen und schließen zu können.

Indem wir diese ursächlichen Bestrebungen der Vorgänger fortsetzen wollen, aber dabei nach gesicherter ursächlicher Erkenntnis streben, müssen wir zunächst fragen, auf welche Weise ein solcher Beweis überhaupt erbracht werden kann, wie

Digitized by Google

also ursächliche Erkenntnis an unserem Objekte in exakter, gesicherter Weise erworben werden kann. Das ist hier schwieriger als auf irgend einem anderen Gebiete. Denn nicht nur ist auch hier das bezügliche gestaltende Geschehen, das eigentliche Wirken unsichtbar, sondern es findet immer an vielen Orten zugleich statt; und zwar geschieht es bei allen Eiern derselben Art stets in derselben, im voraus bestimmten Weise. Deshalb können wir nie sicher wissen, welche von den vielen gleichzeitigen Veränderungen von den einzelnen unmittelbar vorhergegangenen Änderungen abhängen, von ihnen verursacht werden.

Zudem wußten wir selbst über die allgemeinste Art des Entwickelungsgeschehens trotz C. Fr. Wolffs [21]) Ermittelungen nichts so Bestimmtes, daß es uns bei den weiteren Folgerungen über die Wirkungsweisen auch nur im allgemeinsten hätte nützen können. Denn seine Folgerung, daß die formale Entwickelung Produktion von Mannigfaltigkeit sei, weil aus einem sichtbar einfachen Gebilde ein sichtbar überaus kompliziertes Gebilde entsteht, besagt über die Art des wirklichen Geschehens noch gar nichts. Durch den Nachweis dieser Art der formalen Entwickelung ist keineswegs erwiesen, daß die Entwickelung in Wirklichkeit Produktion von Mannigfaltigkeit ist; sondern es ist ebensogut möglich, daß das Ei (sei es der Zelleib oder der Zellkern oder beide) schon aus außerordentlich vielen, unsichtbar verschiedenen Teilen von bestimmter Lagerung besteht, und daß die sichtbare Entwickelung dann wesentlich Umbildung dieser unsichtbaren Verschiedenheiten in gröbere, sinnenfällige gestaltliche Verschiedenheiten darstellt, so dass die Entwickelung also, statt Hervorbringung neuer Mannigfaltigkeit vielleicht bloß Umwandlung verborgener Mannigfaltigkeit in wahrnehmbare wäre. Ebenso könnten beide Arten des Geschehens an der Entwickelung beteiligt sein. Wir mußten also selbst die allgemeinste Frage nach der Art des Entwickelungsgeschehens noch einmal von Neuem aufstellen, denn auch die angedeuteten neueren, überaus sorgfältigen deskriptiven Forschungen hatten über diese Unsichtbares betreffende Frage keine Aufklärung geben können.

Digitized by Google

Es war daher zunächst einmal die Frage aufzuwerfen und zu prüfen, ob überhaupt Mannigfaltigkeit neuproduziert werden kann, ob nicht etwa ihre Summe in der Welt ebenso konstant ist wie die Summe der Materie und der Energie. Sehr oft, wenn wir geglaubt haben, daß eine sichtbare Mannigfaltigkeit neuproduziert worden sei, wie z. B. auf der Bruchfläche eines Steines, erkennen wir bei tieferem Eindringen in das Geschehen, daß bloß ein Sichtbarwerden vorher schon vorhandener, unwahrnehmbarer Verschiedenheiten vorliegt; im erwähnten Beispiele, daß die komplizierte Bruchfläche von der Aufschlagstelle des Hammers aus zu einem wesentlichen Teile den Stellen geringster Festigkeit, also einer vorher vorhandenen mannigfaltigen Ungleichheit an intermolekularen Wirkungen gefolgt ist.

Wir können hier nicht auf das einzelne dieser Verhältnisse eingehen, sondern müssen uns begnügen, nur das Resultat mitzuteilen, daß in der Tat Mannigfaltigkeit neu produziert werden kann, daß sich sogar bei jedem „Wirken" infolge der Ungleichheit der Verteilung der Wirkung (Kraftlinien und Niveauflächen) ein unermeßliches Schaffungsvermögen dieser Art bekundet[22]), derart, daß es umgekehrt als ein großes Rätsel erscheinen mußte, daß immer wieder derselbe Ausgangspunkt der Entwickelung, das Ei, neuhervorgebracht werden kann.

Die sichtbaren Entwickelungsvorgänge könnten also an sich auf sehr verschiedene Weise, durch Umwandlung verborgener Mannigfaltigkeit in sichtbare, durch Neuschaffung von Mannigfaltigkeit sowie durch die verschiedensten Kombinationen beider Gestaltungsprinzipien hervorgebracht werden.

Es liegt uns nun ob, uns klar darüber zu werden, durch welche Forschungsmethoden wir sichere ursächliche Schlüsse über das Allgemeine und über die Einzelheiten dieses voraussichtlich sehr komplizierten Geschehens gewinnen können.

Um zunächst die logische Grundlage kurz zu erwähnen, so sind es folgende Sätze, mit denen wir zu arbeiten haben.

Digitized by Google

Zwei „Erscheinungen", die immer zusammen vorkommen, stehen in ursächlichem Zusammenhang. Die Anwendung dieses Satzes wird hier aber dadurch erschwert, daß uns sehr vieles von dem organischen Geschehen überhaupt „nicht erscheint". Noch weniger vermögen wir ein Immer-Vorkommen zu konstatieren. Wir müssen uns mit einem: „in allen", ja mit einem auch nur „in der Mehrheit der, notabene möglichst vielen geprüften Fälle" begnügen.

Von dieser lästigen Bestimmung scheint uns aber der zweite bezügliche Satz zu befreien, der Satz: „Gleiche Ursachen geben immer gleiche Wirkungen. Wenn wir also nur ein einziges Mal sicher erwiesen haben, daß zwei oder mehr bestimmte Faktoren eine bestimmte Wirkung ergeben haben, so ist dies für immer erwiesen. Leider aber wissen wir auf unserem Gebiete nur sehr selten, ob wirklich an einer von uns beobachteten Wirkung die uns bekannt gewordenen Faktoren auch die allein beteiligten waren. Und umgekehrt geht auch die Wirkung der Faktoren vielfach weiter, als uns bekannt geworden ist, sodaß wir das von ihnen verursachte Geschehen nicht vollständig beobachtet haben. Außerdem geschieht, wie oben gesagt, bei der normalen Entwickelung immer so vieles gleichzeitig, daß wir nie wissen können, welche von den späteren Veränderungen von den einzelnen oder mehreren früheren aus bedingt wird. Letzteres ist der Hauptgrund davon, daß aus dem normalen und typischen Entwickelungsgeschehen überhaupt keine „sicheren" ursächlichen Schlüsse abgeleitet werden können.

Dieses Ergebnis hat vielfach bei den deskriptiven Forschern Anstoß erregt, weil den ihrerseits geäußerten ursächlichen Vermutungen dadurch die Beweiskraft abgesprochen wird.[22a]) Anm. Der Schluß ist aber zwingend und diese Sachlage mußte konstatiert werden, um danach eine sichere Grundlage für die exakte ursächliche Forschung zu suchen. Gleichwohl verdanken wir der deskriptiven, noch mehr aber der vergleichend anatomischen Forschung viele wertvolle ursächliche Ableitungen, die aber so weit als irgend möglich noch durch eine andere, sicherere Methode geprüft resp. verifiziert werden müssen, um möglichste Sicherheit zu erlangen[3]).

Digitized by Google

Das einzige Mittel, welches uns unter diesen Umständen gesicherte Kenntnis gewähren kann, ist das Experiment, dieses große Hilfsmittel des Menschen, mit der er seit Jahrhunderten die Natur zwingt, ihm auf seine Fragen Antwort zu geben. Es ist aber eine Kunst, die Frage so zu stellen und unsere Zwangsmittel, die Versuchsbedingungen so anzuwenden, daß die Natur uns in eindeutiger Weise antworten muß. Dazu ist es nötig, schon im voraus einen geistigen Einblick in das zu untersuchende Geschehen gewonnen zu haben, den Vorgang bereits im Geiste analysiert, ihn wenigstens vermutungsweise in seine eventuellen Faktoren zerlegt zu haben, um dann künstlich Bedingungen herzustellen, in denen womöglich bloß ein solcher Faktor abgeändert ist.

Daher müssen auch wir uns zunächst eine Übersicht über die verschiedenen Arten von Ursachen, welche an jedem Geschehen beteiligt sind, verschaffen.

Die Entwickelung besteht in Änderungen, in Geschehen. Jedes Geschehen ist die Folge von mindestens zwei Ursachen, die Faktoren oder Komponenten genannt werden. Meist sind ihrer aber viel mehr. Von diesen sind einige gewöhnlich schon lange vor dem neuen Geschehen vorhanden; diese werden vielfach, aber nicht gut, als die Bedingungen des Geschehens bezeichnet. Der erst zuletzt hinzukommende, den Eintritt des Geschehens bestimmende Faktor wird in der gewöhnlichen Sprechweise fälschlich als die einzige Ursache des Geschehens bezeichnet, obschon alle anderen zu dem Geschehen gleichfalls nötig sind. Die letzte Ursache wird außer der Zeit des Beginnes auch noch manches andere bestimmen. Alle diese Ursachen oder Faktoren zusammengenommen, stellen die ganze oder vollständige Ursache des Geschehens dar.

Wir haben diese ganze Ursache in verschiedene Gruppen zu teilen.

Jedes Geschehen hat erstens Faktoren, welche die Art des Geschehens bewirken; diese wollen wir als die spezifischen oder bestimmenden (die terminierenden) Ursachen bezeichnen. Dazu kommen die Ursachen des Ortes des Geschehens,

Digitized by Google

der Zeit (des Beginnes, der Fortdauer, des Endigens), ferner der Intensität und der Richtung. Alle diese Ursachen können getrennt und voneinander verschieden sein; sie können aber zum Teil auch zusammenfallen; in jedem Einzelfalle sind womöglich alle diese Ursachen zu ermitteln. Und wenn dies geschehen ist, tauchen alle diese Fragen wieder aufs neue in bezug auf jede einzelne der oben ermittelten Ursachen auf. Denn jedes Geschehen oder Sein hat seine frühere zureichende Ursache. So ist die ursächliche Forschung ohne Ende, und eigentlich immer weiter rückwärts auszudehnen bis zu den Ursachen der Bildung des Eies und Samenkörpers und von da zurück durch die ganze Phylogenese hindurch zur ersten Entstehung der niedersten Lebewesen. [24]) Anm.

Die Schwierigkeit der Ermittelung der unterschiedenen Gruppen von Ursachen eines jeden Geschehens ist überaus verschieden. Wir werden daher gut tun, in unseren noch ganz unbekannten Verhältnissen mit der im allgemeinen am leichtesten zu ermittelnden Gruppe von Ursachen anzufangen. Am schwierigsten sind die Ursachen der Qualitäten, der Arten des Geschehens zu erforschen.

Diese Einzelursachen oder Faktoren eines Geschehens wirken nun bei ihrem vollständigen Zusammentreffen aufeinander und bewirken das bestimmte Geschehen. Dieses geschieht je nach ihrer Art in verschiedener Weise.

Die Physik und Chemie haben das ganze anorganische Geschehen in seiner großen Mannigfaltigkeit auf eine relativ geringe Anzahl von bestimmten, immer in derselben Art wiederkehrenden also beständigen oder „homogenen" Wirkungsweisen zurückgeführt, es in sie zerlegt.

Sie kennen die umgestaltende, z. B. biegende Wirkungsweise des Massendruckes, die dehnende Wirkung des Zuges, die Bewegung verzögernde und erwärmende Wirkungsweise der Reibung, die der Zerreißung Widerstand leistende Wirkungsweise fester Körper, die mannigfachen Wirkungen der Oberflächenspannung flüssiger Körper, der Adhäsion, sowie der aus letzteren beiden sich zusammensetzenden Kapillarität, ferner die Osmose, sowie die anziehenden Wirkungsweisen der Schwere, des Magnetismus, die

Digitized by Google

mannigfachen elektrischen Wirkungsarten, die ausdehnende Wirkung der Wärme, die Reflexion des Lichtes mit ihrer Spiegelbildwirkung, die Lichtbrechungswirkung, zum Beispiel durch Linsen, die Kristallisation usw.[25]) Anm.

Das organische Geschehen zeigt teilweise dieselben Wirkungsweisen wie das anorganische; vielfach aber treten in ihm wesentlich davon abweichende Wirkungsweisen uns entgegen. Die Erfahrung lehrt aber, daß durch Kombination von mehreren Wirkungsweisen neue Wirkungsarten entstehen können, wie z. B. durch Kombination der Wirkungen von Schwefel, Eisen, Sauerstoff und Wasserstoff zu Eisenvitriol ganz andere Wirkungsweisen entstehen, als durch Kombination der Wirkungen von bloß zweien dieser Elemente. Und daß durch neue Kombination von physikalischen Wirkungen neue Wirkungsweisen entstehen können, hat Ihnen die Hervorbringung der Röntgenstrahlen, der Becquerelstrahlen in letzter Zeit deutlich vor Augen geführt.

Wir nehmen daher bis zum Beweise des Gegenteils an, dass die besonderen Wirkungsweisen, welche in den Lebewesen stattfinden, ihre Ursachen nur in der besonders komplizierten physikalisch-chemischen Zusammensetzung der Lebewesen haben. Nur auf dieser Basis und nur so weit erkennen wir eine Autonomie der gestaltenden Lebensvorgänge an[26]).

Indem wir nach der Erkenntnis desjenigen Wirkens, auf dem das Entwickelungsgeschehen beruht, streben, ist es daher unsere Aufgabe[27]), dieses Geschehen möglichst weit auf die seitens der Physik und Chemie bereits ermittelten anorganischen Wirkungsweisen (oder, wenn man es vorzieht, auf die diesen untergelegten Kräfte) zurückzuführen, es in solche Wirkungsweisen zu zerlegen, zu analysieren. Soweit dies noch nicht möglich ist, müssen wir das außerordentlich vielartige organische Gestaltungsgeschehen wenigstens in eine möglichst kleine Zahl gleichfalls beständiger (also immer in derselben Weise wirkender), wenn auch noch mit den besonderen Charakteren des organischen Geschehens

Digitized by Google

behafteter Wirkungsweisen zerlegen. Diese letzteren nennen wir im Unterschiede zu den anorganischen Wirkungsweisen, die selber wieder einfache sogen. elementare und zusammengesetzte komplizierte sein können, „komplexe" Wirkungsweisen des organischen Geschehens [27a]) Anm. Sie müssen aber allmählich in immer einfachere, weniger vom Anorganischen verschiedene, also weniger spezifisch-organische Wirkungsweisen zerlegt werden. Es müssen somit anorganische Wirkungsweisen aus ihnen abgespalten werden; und der auf diese Weise allmählich immer mehr verkleinerte Rest komplexer Wirkungsweisen muß schließlich womöglich auch noch in lauter anorganisches Geschehen zerlegt werden. Damit ist eine unendliche Fülle von Aufgaben für die ursächliche biologische Forschung gegeben. Solche komplexen Komponenten zum Teil allerkomplexester Art sind die schon lange unterschiedenen Vorgänge: Vererbung und Anpassung, Befruchtung, Differenzierung (Selbstdifferenzierung und abhängige Differenzierung inkl. aller Arten gestaltender Korrelationen), Wachstum und Schwund, Assimilation und Dissimilation, Aktivitätshypertrophie und Inaktivitätsatrophie, trophische (Assimilation anregende) Wirkung der funktionellen Reize, Zellteilung und Kernteilung, Zellenwanderung (mit den neuen Unterabteilungen: der Näherungswirkung der Zellen aufeinander, Cytotropismus, und der Umordnung sich berührender Zellen), ferner Chemotaxis, sowie die Wirkungsweise der plötzlichen Umwandlung des embryonalen Schlauchtypus der Säugetierleber in den „Fachwerktypus" etc. [28]) Bei einigen dieser Faktoren des organischen, gestaltenden Geschehens sind bereits anorganische Wirkungsweisen, z. B. mechanische Massenwirkung (Druck, Zug), Oberflächenspannung, Osmose, als beteiligt erkannt.

Manche Autoren sagen, wir könnten keine Ursachen erforschen, denn alle unsere Forschung wäre bloß Rubrizierung. Letzteres ist in gewissem Sinne richtig, ersteres nicht. Denn schon diese Rubrizierung, die Unterbringung eines Geschehens in eine Rubrik oder, unter Zerlegung, in mehrere bekannte Rubriken kann ursächliche Forschung sein; und sie ist es in unserem Falle, da unsere Rubriken, die verschiedenen Wirkungsweisen, ursächliche Abteilungen sind.

Digitized by Google

Es ist daher ursächliche Ermittelung, festzustellen, in welche der bekannten Fächer, d. h. Arten des Wirkens das zu erforschende Geschehen gehört, und wie groß der Anteil des den betreffenden Fächern entsprechenden Geschehens an einer Gestaltung ist. Vielfach müssen wir bei solcher Rubrizierung auch die vorgefundene Zahl der Fächer vermehren, also neue Rubriken für neu erkannte beständige Wirkungsweisen aufstellen. Die „Rubrizierung" ist also bloß eine andere Bezeichnung für unsere kausale Forschungsarbeit.

Natürlich ist es uns Biologen unbenommen zugleich auch die anorganische Analyse weiter zu führen [29]) Anm. Das tun wir aber nicht als Biologen, sondern als Physiker oder Chemiker; es sei denn, daß wir umgekehrt Biologisches in das Anorganische hineintragen, also Komplexes dem Einfachen hinzufügen, statt besser das Komplexe in Einfacheres zu zerlegen. Ersteres geschieht jetzt wieder mit der Annahme einer Beseelung des ganzen Naturgeschehens, um so auf die einfachste Weise das Organische einer wunderbaren Sondereigenschaft zu berauben, indem man diese verallgemeinert, statt sie in einfachere Wirkungsweisen zu zerlegen.

Sind auch die Quantitäten des Wirkens einer Wirkungsweise ermittelt, so nennt der Physiker die entsprechenden genauen Formulierungen des Wirkens Gesetze. Sie kennen z. B. das Lichtberechnungsgesetz, das Fallgesetz, das Ohm'sche Gesetz der elektrischen Leitung, Gesetze der Oberflächenspannung, der Osmose, der chemischen Äquivalenz usw.

Die Physik und Chemie haben das ihnen zugehörige anorganische Geschehen bereits fast alles in dieser Weise nach Art und Grösse bestimmt, es also in Gesetzesform gebracht.

Die Aufgabe der Entwickelungsmechanik ist es, die organischen Gestaltungsvorgänge schließlich auf die wenigsten und einfachsten Wirkungsweisen zurückzuführen und ihre Wirkungsgrößen zu ermitteln, somit auch den an diesen Wirkungen beteiligten Stoff- und Kraftwechsel zu erforschen. Wenn ein sichtbarer Gestaltungsvorgang in seine Faktoren und deren Wirkungsweisen zerlegt ist, dann können und müssen wir auch das Quanti-

Digitized by Google

tative der beteiligten Wirkungsweisen zu erforschen suchen, seien sie auch noch von komplexer, also spezifisch organischer Beschaffenheit, damit wir allmählich zu wirklichen Gesetzen gelangen [30]) Anm.

Die Physik und Chemie hatten früher auch ein Stadium der einfachen Ermittelung und bloßen Beschreibung des von der Natur dargebotenen, sichtbaren Geschehens und Seins. Aber seit mehreren Jahrhunderten schon ist die Physik, seit über einem Jahrhundert auch die Chemie aus diesem ersten Stadium jeder Wissenschaft allmählich herausgetreten, und beide sind bereits ganz zu dem notwendigen nächsten Stadium, dem der ursächlich-analytischen Forschung übergangen. Dieser Schritt ist für jede nicht rein historische Wissenschaft unerläßlich nötig. Indem jetzt die Entwickelungsgeschichte, die Embryologie ihn zu tun im Begriff ist, werden daher alle Bekämpfungen und Mißdeutungen unserer bezüglichen Absichten diesen Fortschritt nicht aufzuhalten vermögen.

Wir haben noch etwas unserem Forschungsgebiete eigentümliches klarzustellen, das bei keinem abiologischen Wissenschaftsgebiete in ähnlicher Weise vorkommt, und auf dem zugleich die große fundamentale Bedeutung der rein deskriptiven Forschung auf dem Gebiete der Biologie, sowie ein prinzipieller Unterschied ihrer Ergebnisse von denen der kausalen Richtung beruht.

Die individuelle Entwickelungsgeschichte oder die Ontogenie muß allmählich die Charaktere von zwei Wissenschaften erhalten. Denn sie hat erstens zu ermitteln, was geschieht. Damit ist die Entwickelungsgeschichte des Lebewesens, wie schon ihr Name sagt, eine Geschichtswissenschaft, also eine historische Disziplin. Sie unterscheidet sich aber in Einem wesentlich von den rein historischen Disziplinen; denn der Gegenstand dieser kommt fast stets bloß ein einziges Mal vor, er kann sich zumeist nicht in derselben Weise wiederholen, weil durch das bezügliche Geschehen selber schon die Bedingungen des Geschehens verändert werden, und daher die Hervorbringung desselben Ausgangsstadiums unmöglich ist [31]) [32]). Das gilt streng für das große Geschehen der Erdbildung sowie auch der Stammesgeschichte der Lebewesen,

Digitized by Google

weniger für die Kulturgeschichte und die politische Geschichte der Menschheit, die sich mehrfach an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten in ähnlicher Weise wiederholt hat.

Relativ einfaches Geschehen, Einzelgeschehen aber kann sich auch im Anorganischen wiederholen, weil die einfachen Bedingungen seiner Entstehung leicht wieder erzeugt werden, so eine Wasserhose, oder das Vorgeschehen zur Bildung des Regenbogens, der Nebensonnen, des Nordlichts in unserem Auge, am vollkommensten und meist streng typisch die Kristallisation. Aber die Wiederholung einer so großen und typischen Folge von typischen Einzelvorgängen wie bei der Entwickelung eines Lebewesens kommt im Bereiche des Anorganischen nicht vor.

Die Physik war daher auch mit der einfachen Ermittelung, mit der Feststellung des „Vorkommenden", also mit ihrem rein deskriptiven Stadium der Hauptsache nach viel früher fertig als die Biologie, die darin auch jetzt noch lange nicht ihr Ziel erreicht hat. Gleichwohl hat es lange gedauert, bis auf dem Gebiete der Physik nach vereinzelten Ansätzen die Periode der herrschenden analytischen Forschung begann und alles anorganische Naturgeschehen dann in rascher Folge in elementare Wirkungsweisen analysiert wurde.

Die Entwickelung der Lebewesen ist dagegen typisches Wiederholungsgeschehen, welches sich bei den Nachkommen desselben Lebewesens der großen Hauptsache nach in der gleichen Weise und Reihenfolge wiederholt, also auch ein Geschehen, dessen Ausgangsstadium immer wieder vorkommt.[33]) Anm.

Infolge dieser ständigen typischen Wiederholung ist es natürlich von besonders großer Bedeutung, dasjenige, was immer wieder erzeugt wird, auf das Genaueste festzustellen.

Die deskriptive Morphologie ermittelt das sich Wiederholende daher, soweit es sichtbar ist oder mit Hilfsmitteln sichtbar gemacht werden kann. [Neuerdings wird, was einen bedeutungsvollen Fortschritt für sie darstellt, zu letzterem Zwecke auch eine Art des Experimentes, das „deskriptive Experiment", welches keine Reaktion hervorrufen, sondern bloß das formale Geschehen genauer zur Beobachtung bringen will, zu Hilfe genommen.[34]) [35]) Anm.]

Digitized by Google

Da aber nichts ganz konstant ist, sondern da sowohl vorübergehende, wie bleibende, wie auch sich steigernde Änderungen vorkommen, so müssen auch diese Variationen erforscht und verzeichnet werden. Was fast stets oder in der Mehrzahl der Fälle vorkommt, wird als Regel, als die Norm bezeichnet. Es wird so für jede Spezies von Lebewesen aus vielen Einzelfällen eine Norm abstrahiert. Aber kein einziges Lebewesen entspricht in allen seinen Teilen diesem Idealschema. Regel oder Norm ist also das, was in der Mehrzahl der bezüglichen Fälle „vorkommt", das heißt, von der Natur, ohne alterierendes Mitwirken von unserer Seite, hervorgebracht wird, oder wie man sagt, „von selber" vorkommt.

Nach der hauptsächlichen Feststellung dessen, was im Organischen wiederholt wird, sind nun weiterhin, wie bei jedem anderen Geschehen, die Einzelursachen, die wirkenden Teile und die Gesetze ihres Wirkens, also die Wirkungsweisen und die Wirkungsgrößen durch welche das „Vorkommende" bewirkt, hervorgebracht wird, zu ermitteln. Die Entwickelungsgeschichte muß also noch zu einer Gesetzeswissenschaft gemacht werden. Einmal sind zu erforschen die Gesetze des gestaltenden Geschehens selber, sodann diejenigen Wirkungen und Ursachen, zufolge deren die Wiederholung stattfindet.

Und eben weil sich das organische Geschehen immer aufs neue wiederholt, resp. soweit es sich wiederholt, kann es von uns direkt der experimentellen Forschung unterzogen werden. Das gilt für die Ontogenesis. Mit der vergangenen, nur einmaligen Phylogenesis ist das nicht der Fall. Diese kann mit Hilfe des Experimentes nur per analogiam rückschließend beleuchtet werden. Immerhin ist auch dadurch in gewissem Maße kausale Einsicht zu gewinnen, wie eben jetzt mancherlei Versuche über künstliche Variation der Arten besonders auf botanischem Gebiete z. B. von H. de Vries, G. Klebs u. a. gezeigt haben. Und die Probiologie, die Lehre von den Vorstufen des Lebens, wird eine fast rein experimentelle Wissenschaft werden. [36]) Anm.

Digitized by Google

Dementsprechend haben wir ontogenetische und phylogenetische Entwickelungsmechanik und die Erforschung der Ursachen der Wiederholung zu unterscheiden.[37]) Diese letzteren hat E. Häckel in dem sog. biogenetischen Grundgesetz zusammenfassend bezeichnet, ohne daß aber ihre speziellen Ursachen damit auch schon dargelegt sind.

Zu diesen Abteilungen kommt noch die Mechanik der Vorentwickelung s. Proontogenesis. Letztere umfaßt die Bildung des reifen Eies und Samenkörpers aus dem jedenfalls noch viel indifferenteren „Keimplasson", auf dessen frühzeitiger Reservierung bei der individuellen Entwickelung nach Weismann, O. Bütschli, M. Nußbaum u. a. die Kontinuität der Lebewesen beruht[38]).

Die deskriptive Forschung liefert also Regeln, Majoritätsfälle des Vorkommenden, von denen vielfach Ausnahmen vorkommen können. Die kausale Forschung produziert Gesetze, von denen jedes ohne Ausnahme gelten muß; es muß aber nicht jedes solchem Gesetze folgende Geschehen stets für sich allein vorkommen. Regel und Gesetz sind also zwei prinzipiell verschiedene Begriffe[39]).

Wir müssen uns diesen fundamentalen Unterschied von Naturregel und Naturgesetz möglichst vollkommen zum Bewußtsein bringen. Erörtern wir daher, um das bekannteste und einfachste Beispiel zu nehmen, den Fall von Körpern durch die Schwere nach diesen beiden Seiten hin.

In dem früheren, das Naturgeschehen, so wie es sich von selber darbietet, beschreibenden Stadium der Naturgeschichte konnte man entsprechend der unmittelbaren Erfahrung die Regel aufstellen: Ein spezifisch schwererer Körper, eine Bleikugel, fällt rascher als ein spezifisch leichterer Körper, z. B. als eine Vogelfeder.[40]) Anm. Erstere fällt zudem (annähernd) in der Richtung gegen den Mittelpunkt der Erde, letztere fällt im Zickzack, beide fallen also in ganz verschiedener Weise.

Die kausal analytische Forschung formulierte dagegen das Gesetz vom „freien Fall" der Körper des Inhaltes: Alle Körper

Digitized by Google

fallen gleich schnell und zwar gegen den Mittelpunkt der Gravitationswirkung hin. Kann es einen größeren Gegensatz geben? Gleichwohl glauben wir alle an die Richtigkeit dieses Fallgesetzes, obschon sicher nur Wenige von uns einmal einen diesem Gesetz entsprechenden Fall gesehen und im Gegenteil immer den ganz anderen „deskriptiven" Fall wahrgenommen haben.

Der durch das Gesetz bezeichnete „freie Fall" kommt nie „im Freien" sondern nur in einer luftleer gemachten senkrechten Röhre, also nur im Laboratorium des Physikers vor.

Wir halten trotz des seltenen, nur unter künstlichen Bedingungen stattfindenden Vorkommens dieses Gesetz für richtig, weil wir wissen, daß die im Freien vorkommenden Abweichungen durch einen mitwirkenden anderen Faktor, den Widerstand der Luft, bedingt werden, und daß auch bei dem Zickzackfall der Feder die Schwere ihrerseits genau in derselben Weise „wirkt" wie bei dem Fall der Bleikugel. Nur das Resultat wird durch die verschiedene Beteiligung einer dritten Ursache, der Luft, alteriert.[41]) Anm.

Wir ersehen aus diesem Beispiele, daß man die Ergebnisse der deskriptiven und der kausal analytischen Forschung vollkommen getrennt formulieren, buchen und verschieden bewerten muß. Wenn man sie verwechselt, oder wenn man glaubt, sie müßten übereinstimmen, begeht man die größten Irrtümer.

Dieser fundamentale Unterschied ist zur Zeit auf unserem morphologischen Gebiete nicht hinlänglich erkannt und bekannt. Und auf seiner Verkennung beruhen viele Differenzen zwischen deskriptiv- und analytisch-experimentierenden Embryologen (s. S. 38).

Es handelt sich bei diesen Differenzen um die Verwechselung von Vorkommen und Wirken[41a]) Anm. Analytische Gesetze werden für „falsch" gehalten, weil das gesetzmäßige Geschehen nicht immer in der entsprechenden Weise, das heißt, für sich allein in der Natur „vorkommt".[42])[43]) Anm.

Die Physik hat das anorganische Naturgeschehen möglichst bis in Geschehensarten zerlegt, von denen jede bloß durch zwei Einzel-

Digitized by Google

ursachen bewirkt wird, und sie hat die entsprechenden Gesetze dafür formuliert. In der Natur ist solches „einfache" Geschehen aber nur selten; meist sind mehrere Ursachen beteiligt. Deshalb sind aber die analytischen, das Wirken bloß zweier Faktoren resp. Komponenten bezeichnenden Gesetze nicht „falsch".

Wir dürfen sogar nicht an der Richtigkeit des Fallgesetzes zweifeln, obschon der Missisippi wegen seines hauptsächlich gegen den Äquator gerichteten Verlaufs vom Ursprung bis zur Ausmündung, statt sich dem Zentrum der Erde zu nähern, sich um 6,4 Kilometer von ihm entfernt. Er fließt also, von diesem Zentrum aus gerechnet, 6,4 Kilometer bergaufwärts. Dies geschieht, weil die Erde keine Kugel, sondern ein Sphäroid ist, dessen Durchmesser am Äquator über 20 Kilometer größer ist als von Pol zu Pol. Darum ist aber das für die „Kugel" formulierte Gravitationsgesetz nicht „falsch", sondern es liegt nur in bezug auf die Erde der Fall seiner Anwendung nicht vollkommen rein vor. Wir haben hier also als weitere Teilursache die Sphäroidgestalt der Erde, und genau genommen in allen Fällen stets auch die ungleiche Verteilung der spezifisch verschieden schweren Bestandteile in der Erde zu berücksichtigen.

Die Erforschung und Berücksichtigung solcher dritter, vierter und fünfter, am Naturgeschehen beteiligter Ursachen stellt die verschiedenen Grade der Annäherung an die Wirklichkeit dar. So wird in der analytischen s. theoretischen Hydrodynamik die bei der Bewegung entstehende Reibung und Erwärmung der Flüssigkeit vernachlässigt. In Wirklichkeit aber ist zumal die erstere von großer Bedeutung. Doch sind die bezüglichen analytischen Formeln zu schwierig zu entwickeln; man muß sich daher meist mit der Einstellung empirisch ermittelter „Koeffizienten" in die Rechnung begnügen, um dem für uns praktisch wichtigen wirklichen Geschehen bei der Berechnung möglichst nahe zu kommen und für die Praxis brauchbare Formeln zu gewinnen.

Ein ähnlicher Widerspruch zwischen Analyse und Deskription, zwischen Theorie und Wirklichkeit besteht, um noch ein Beispiel auszuführen, in bezug auf die Energie, ohne daß die analytische Formulierung darum falsch ist. Die ana-

Digitized by Google

lytische Forschung hat das Gesetz von der Erhaltung der Energie aufgestellt, welches besagt, daß die Summe an Energie in der Welt ewig unveränderlich ist, so sehr auch ihre Formen als Wärme, Licht, elektrische, mechanische Energie wechseln. Die beschreibende Forschung des wirklichen Weltgeschehens zeigt dagegen, daß die Summe an Energie, nämlich an verwertbarer, nutzbarer Energie, in Wirklichkeit stetig abnimmt, da die Wärme sich immer mehr verteilt, sich dadurch mehr und mehr ausgleicht, so daß zuletzt, wenn alles gleich warm ist, keine Maschine mehr getrieben werden kann. Ebenso ist es mit dem Beharrungsgesetze Newtons von der ewigen Erhaltung eines Bewegungszustandes; in Wirklichkeit kommt diese Erhaltung nie vor. Das Gesetz ist aber analytisch nötig und richtig.

Die Mathematik arbeitet sogar vielfach mit Begriffen, denen überhaupt kein reales Sein entspricht. So mit dem Punkte als eines Gebildes ohne Ausdehnung, mit der Linie als eines bloß eindimensionalen Gebildes, mit der Ebene als zweidimensionalem Gebilde. In „Wirklichkeit" hat jedes von ihnen stets drei Dimensionen, und sie sind also Körper. Deshalb darf man aber die auf Grund dieser, in der von der Mathematik formulierten Weise überhaupt „nicht vorkommenden" Gebilde abgeleiteten Sätze nicht als falsch oder unbrauchbar bezeichnen.

Von der an diesen Beispielen genommenen Einsicht wird unsere Forschung vielfach Gebrauch zu machen haben.

Der auf das geschilderte Programm sich gründenden neuen Disziplin habe ich den Namen Entwickelungsmechanik gegeben, indem dabei das Wort Mechanik im allgemeinsten, philosophischen Sinne der Lehre vom mechanistischen, das heißt der Kausalität unterstehenden Geschehen gebraucht wurde. Dieser Name bezeichnet unser Ziel, die mechanistische Erklärung der Entwickelung. Manche Autoren ziehen die Bezeichnung Entwickelungsphysiologie vor, obschon die bezügliche Forschung nicht mehr in das Arbeitsgebiet der heutigen Physiologen fällt. Diese beschäftigen sich nur mit den Erhaltungsfunktionen des bereits Gebildeten, des Gestalteten. Sie nehmen

Digitized by Google

letzteres als gegeben hin und überlassen die Erforschung der Gestaltungsfunktionen als etwas „Morphologisches" den Morphologen s. Anatomen.[44]) Anm.

Auch der Name experimentelle Embryologie ist für die neue Richtung in Gebrauch gekommen. Er ist an sich nicht ungeeignet, denn er bezeichnet die hauptsächliche Forschungsmethode dieser Richtung, wie der Name Anatomie (Aufschneidung) die Methode der deskriptiven Forschung bezeichnet. Er umfaßt alle Arten des Experimentes am sich bildenden Lebewesen. Also außer dem höchsten und allein das Neue der ganzen Richtung treffenden „kausal-analytischen" Versuche den gleichfalls neuen „deskriptiven" oder formal-analytischen Versuch (s. o. S. 21) sowie den älteren „kausal-unbestimmten" (nicht analytischen) Versuch und den „blinden Versuch". Bei letzterem werden die Objekte zunächst nur in neue Bedingungen gebracht, um zu sehen, ob sich dabei etwas Interessantes ergibt; wenn dies der Fall ist, muß das Ergebnis dann aber durch analytische Versuche weiter behandelt und kausal zerlegt werden[45]).

Die überraschenden Ergebnisse der analytischen Versuche, welche durch das neu in Bearbeitung genommene Ziel nötig wurden, haben wohl auch den Anstoß zu der plötzlichen, weitverbreiteten Aufnahme des entwickelungsgeschichtlichen Experimentes überhaupt gegeben; und wenn erst dieses Ziel allgemeiner und richtiger gewürdigt werden wird, dann wird vielleicht auch der ihm entsprechende Name allgemeinere Anerkennung finden.

Unsere Aufgabe näher ins Auge fassend, werden wir einmal die allgemeinen gestaltenden Wirkungsweisen zu ermitteln haben, welche an der Entwickelung vieler Tierarten, eventuell aller Tiere einer Klasse oder eines ganzen Stammes oder aller Tiere überhaupt, schließlich aller Lebewesen beteiligt sind. Das sind zugleich die Wirkungsweisen der zur Entwickelung nötigsten Faktoren. Diese Ermittelung ist die Aufgabe der allgemeinen Entwickelungsmechanik. Die Entwickelung, wie sie ohne alle nicht unbedingt nötigen Wirkungen verläuft oder verlaufen würde, die daher auch auf dem nächsten „möglichen" Wege und ohne jede Variation

Digitized by Google

vom Ei zur typischen Endgestaltung führt, bezeichnen wir als die typische Entwickelung. Wir müssen sie streng von der „in der Mehrzahl der Fälle vorkommenden" normalen Entwickelung unterscheiden.[46]) Anm. Auch die typische Entwickelung kommt, sei es infolge atypischer Wirkungen bei der Ei- und Spermabildung, sei es bei der Entwickelung des befruchteten Eies, in keinem realen Falle rein vor, wie es aus demselben Grunde nicht einmal ein „ganz normales" Einzelwesen gibt. Außerdem gibt es noch anormale oder abnorme Entwickelung, deren Abweichungen über das noch zur Norm zu rechnende Häufigkeits- und Größenmaß hinausgehen. Die Abweichungen der normalen und abnormen Entwickelung von der typischen stellen die atypische Entwickelung dar. Diejenigen atypischen Entwickelungen, welche nicht zu vorzeitigem Absterben führen, vollziehen sich unter Regulationsvorgängen. Letztere wären entsprechend ihrem Vorkommen bei der normalen und abnormen Entwickelung in normale und abnorme Regulationen einzuteilen; leider können wir aber meist die qualitative und quantitative Grenze zwischen beiden nicht auffinden.[47]) Anm.

Alle drei Arten der Entwickelung müssen bei allen Forschungen, Beschreibungen, Erklärungen und Diskussionen möglichst streng und bewußt auseinandergehalten werden, ebenso aber auch die Begriffe Regel und Gesetz und die ihnen zugehörigen Ergebnisse.

Die allgemeine Entwickelungsmechanik ist eine rein analytische Wissenschaft und damit eine reine Gesetzes-Wissenschaft. Sie behandelt daher meist oder oft Geschehen, das ganz in derselben Weise in der Natur, d. h. von selber, „nicht vorkommt", sondern nur unter den im Laboratorium hergestellten Bedingungen möglich ist, in gleicher Weise wie der erwähnte „freie Fall" der Körper nie in der freien Natur „vorkommt". Ein rein deskriptiv denkender Forscher kann daher sagen: diese Gesetze sind für mich wertlos; aber er darf nicht sagen: sie sind falsch. Außerdem übersieht er dabei, daß wir ohne ihre vorherige Kenntnis nie zu dem kommen werden, was ihn doch sicher interessieren wird, sofern er später von der reinen Deskrip-

Digitized by Google

tion, von der Ermittelung des vorkommenden sichtbaren Geschehens zur Ermittelung des dabei „vorkommenden" unsichtbaren Wirkens zur speziellen Entwickelungsmechanik übergeht.

Erst, wenn wir durch die allgemeine Entwickelungsmechanik einen annähernden Überblick über die an der Entwickelung im allgemeinen, mindestens aber an einer zu untersuchenden Einzelgestaltung beteiligten Hauptwirkungsweisen gewonnen haben, dann erst können wir erforschen, wie diese gestaltenden Wirkungsweisen bezw. ihre Teilursachen, in der Wirklichkeit des Einzelfalles kombiniert vorkommen. Es ist also der spezielle Anteil, den jede der erkannten gestaltenden Wirkungsweisen an der wirklichen Entwickelung eines Lebewesens nimmt und ihr spezielles Zusammenwirken zu ermitteln. Das ist die Aufgabe der speziellen oder angewandten Entwickelungsmechanik. Sie hat auch die nebensächlichen, nicht unbedingt nötigen, aber gelegentlich oder häufig, also normaler Weise mitwirkenden Ursachen zu ermitteln. Sie erforscht und beschreibt danach wieder das in der freien Natur Vorkommende, wie, wo und wann es vorkommt, aber in kausaler Weise.

Die spezielle Entwickelungsmechanik ist somit wieder Naturgeschichte, wieder eine historische Disziplin, aber eine Wiederholungsdisziplin, welche Regeln des Vorkommenden ermittelt, außerdem aber zugleich Gesetzeswissenschaft.

Zurzeit haben wir erst mit der rein analytischen, allgemeinen Entwickelungsmechanik begonnen und haben daher zunächst vorzugsweise sie zu pflegen; die Pflege der speziellen Forschung muß ihr folgen.

Es ist anzunehmen, daß die allgemeine Entwickelungsmechanik allmählich sehr allgemeingültige Resultate, sehr allgemein beteiligte Wirkungsweisen ergeben wird, da voraussichtlich das meiste an gestaltenden Verschiedenheiten innerhalb einer Klasse oder eines ganzen Stammes nur auf geringen quantitativen, örtlichen und zeitlichen Verschiedenheiten in der Betätigung derselben gestaltenden Wirkungsweisen beruhen wird, daß also an der spezifischen Verschiedenheit der geformten Produkte der Spezies, Gattungen etc.

Digitized by Google

wohl nur in sehr geringem Maße besondere Wirkungsweisen beteiligt sein werden.

Gehen wir nun zu den bisherigen Untersuchungen und ihren Ergebnissen über.

Um in den unübersehbaren Komplex unbekannter Wirkungsweisen, welchen die Entwickelung eines Lebewesens darstellt, einzudringen, wollten wir mit der voraussichtlich am leichtesten zu ermittelnden Gruppe von Ursachen der Entwickelungsgestaltungen beginnen.

Als solche erschienen mir die Ursachen der Richtung der Gestaltungen; und es empfahl sich, mit den Ursachen der allgemeinsten Gestaltungen, mit der Bestimmung der Hauptrichtungen des Tieres im Ei anzufangen, weil diese jedenfalls früher bestimmt werden mußten als die Örtlichkeiten der einzelnen Teile [48]).

Es war daher zuerst die Frage zu beantworten: Wodurch wird in dem zumeist runden Ei die spezielle Richtung der Mittelebene, der Symmetrieebene des ganzen Körpers des künftigen Tieres bestimmt, und wodurch wird an ihr über die Lage der Richtungen kopf- und schwanzwärts, bauch- und rückwärts entschieden? Mit diesen Bestimmungen ist dann die Lage des künftigen Tieres im Ei und damit mindestens annähernd auch die Lage der einzelnen Organe festgelegt.

Das hier bei uns im Inlande zu solchen Versuchen geeignetste Objekt ist das Froschei, denn es hat erstens einen ganz ausgezeichneten aseptischen Verband, die Gallerthülle, welche der Bakterienwirkung in hohem Maße widersteht, und welche nach dem Anstechen ihre Öffnung sofort wieder vollkommen verklebt. Außerdem ist das Ei groß, sowie leicht in großen Mengen zu beschaffen. Dagegen ist es undurchsichtig; man kann daher das innere Geschehen nicht sogleich wahrnehmen und verfolgen, sondern muß das Ei erst härten und mikrotomieren, um das Geschehen dann aus den Schnitten zu integrieren. Inzwischen ist die Laichperiode längst vorbei, und die aus dem gewonnenen Befunde sich ergeben-

Digitized by Google

den neuen Versuche können erst im nächsten Frühjahre vorgenommen werden. Gleichwohl wurden an diesem Ei die zunächst zu besprechenden Versuche angestellt.

In diesem Ei wird die Lage der Symmetrieebene des Tieres erst am zweiten Tage nach der Befruchtung des Eies sichtbar; dieses Sichtbarwerden geschieht unzweifelhaft sicher erst durch die Anlage des Gehirns und Rückenmarks in Form der vorhin erwähnten Medullarfurche, welche in Fig. 9 breit entwickelt zu sehen ist. Aus dem späten Sichtbarwerden der Lage der Mittelebene des Körpers ist aber nicht zu folgern, daß diese Bestimmung selber erst zu dieser Zeit getroffen wird; sie kann auch schon viel früher, vielleicht schon im unbefruchteten Ei geschehen sein. Mit den verschiedenen Entwickelungsphasen aber, in denen die Bestimmung vielleicht geschehen könnte, müßten auch die Ursachen selber jedenfalls wesentlich verschiedene sein, da das Ei in jeder Phase einen mehr oder weniger anderen Bau hat. Zudem müssen wir, um die nächsten Einzelursachen einer Gestaltung experimentell fassen zu können, vorher wissen, in welcher Phase der Entwickelung sie in Tätigkeit treten, wann sie aktiviert werden. Denn irgendwie bestimmt an sich ist vorher schon alles oder fast alles, da aus dem Ei einer Tierspezies immer auch ein Tier dieser Spezies wird. Das ist die Tatsache der „impliziten Determinierung alles Typischen im Keimplason", welcher im Laufe der Proontogenese und der Ontogenese nach und nach die die „aktive Determinierung des Expliziten" (Entwickelten), die explizite Determinierung zu folgen hat[49]). Doch wäre es möglich, daß gerade die Lage der Hauptrichtungen des Embryo im Ei das am wenigsten von vornherein Bestimmte also das Variabelste sei, und daß erst nach dieser Bestimmung und in Anpassung an sie alle speziellen Lagebestimmungen getroffen werden, was einen epigenetischen Entwickelungsmodus darstellen würde.

Es war also vor der Inangriffnahme der Einzelursachen zunächst die Zeit, die Entwickelungsphase, in der die bezügliche Bestimmung explizite getroffen wird, zu ermitteln.

Digitized by Google

Da ich die Vermutung hegte, daß die typische Entwickelung des Individuums wohl schon von Anfang an ein System bestimmt gerichteter Vorgänge sein werde, so prüfte ich zunächst, ob vielleicht schon die Richtung der ersten Teilung des Eies in die beiden ersten Furchungszellen, welche Figur 6 zeigt, eine bestimmte Beziehung zur Richtung der Symmetrieebene des künftigen Tieres hat. Zu diesem Zwecke wurde die Richtung der ersten Furche am Boden des Gefäßes, an welchem das Ei mit seiner Hülle festhaftete, genau verzeichnet; und als nach zwei Tagen die Medullarfurche gebildet war, wurde deren Richtung in dasselbe Diagramm eingetragen. Dabei ergab sich, daß in dreiviertel der Fälle beide Richtungen ganz oder fast ganz zusammenfielen.

Durch diesen zunächst nur „deskriptiven" Versuch bekundete sich schon deutlich eine Beziehung zwischen beiden Richtungen. Indem nach den Ursachen der erheblichen Anzahl von Abweichungen gesucht wurde, wurde erkannt, daß die Schwerkraft Abweichungen hervorbringen kann, indem sie auf die ungleich spezifisch schweren Dotterteile des Eies umordnend wirkt. Nachdem später dieser störenden Wirkung möglichst vorgebeugt und der Versuch so zu einem kausal-analytischen erhoben worden war, ergaben sich in einzelnen Versuchsreihen 95 % Übereinstimmungen. Aus dieser erheblichen Verbesserung der Resultate durfte gefolgert werden, daß bei vollkommenem Ausschluß alterierender Faktoren beide Richtungen stets zusammenfallen würden.[50]) Anm.[51]). Um dieses Zusammenfallen in unseren Figuren darzustellen, ist die Figur 9 in die entsprechende Richtung gebracht, wodurch die Medullarfurche die Richtung der ersten Furche der Fig. 6 erlangt hat.[1]) Zufällig hatte in demselben Jahre, im Jahre 1883, der Physiologe Pflüger[52]), von einer anderen Fragestellung ausgehend, denselben deskriptiven Versuch einige Monate später angestellt und dabei dasselbe Ergebnis gewonnen.

[1]) Die Figur 6 stellt das Ei von oben, Figur 9 aber annähernd von unten dar. Kopf und schwanzwärts entsprechen bei der gegebenen Anordnung einander in beiden Abbildungen, rechts und links sind aber in beiden vertauscht.

Digitized by Google

Meine ersten Versuche zeigten weiterhin gleich noch, daß bei dem grünen Frosch, zur Zeit der ersten Furche auch schon die Richtungen kopf- und schwanzwärts am Ei bestimmt sind. Das wurde in folgender Weise kenntlich. Das Froschei hat, wie Sie in den Figuren 4 und 5 sehen, einen hellen und einen dunklen Teil seiner Eirinde, die sogenannten Hemisphären, deren Mittelpunkte Pole genannt werden. Unter der dunklen Hemisphäre liegt der spezifisch leichtere, protoplasmatische Bildungsdotter, darunter der schwerere Nahrungsdotter.[53]) Anm. Deshalb dreht sich das Ei einige Zeit nach der Befruchtung, sobald es in seiner (außen an der Umgebung festklebenden) Hülle, s. Fig. 5, drehbar geworden ist, stets mit der dunklen Seite nach oben. Bei dem grünen Frosch (Rana esculenta) erfolgt diese Einstellung stark schief, so wie es in Figur 4 annähernd von der Seite, in Figur 5 von oben gesehen, dargestellt ist. Es ergab sich, daß die erste Furche das von oben sichtbare Bild dieser Einstellung symmetrisch teilt (Fig. 6), und daß, wenn die Drehung des normalstehenden Eies mit der (von Pflüger erfundenen) Methode der Zwangslage verhindert wird, die Kopfseite des Frosches immer an derjenigen Seite gebildet wurde, wo schon kurz vor der ersten Furchung die helle Rinde am höchsten gestanden hatte, in Figur 4 und 5 also rechts. Die Schwanzseite lag stets auf der Seite der tiefer stehenden dunklen Hemisphäre, hier also links. Daß zwei Richtungen des Embryo schon im unbefruchteten Ei bestimmt sind und mit der Differenzierung des dunklen und hellen Eiabschnittes in irgend einem Zusammenhang stehen, war schon C. von Baer bekannt. Die experimentelle Prüfung durch Fixierung des Eies zeigte jedoch, daß man sich diese Beziehung nicht richtig vorgestellt hatte. Denn die Anlage der Medullarplatte erfolgt nicht der überlieferten Angabe entsprechend oben, in und neben einem durch die Mitte der dunklen Seite gehenden Meridian, sondern, wie uns „deskriptive Markirversuche“ (s. Nr. 35 Anm.) lehrten, in der Nähe des wagrechten Äquators des Eies. Von da aus wird die helle Unterseite des Eies unter Näherung des dunklen Materiales des rechten und linken Medullarwulstes allmählich überwachsen, so daß schließlich am fixierten Ei die beiden Wülste die in Figur 8c ange-

Digitized by Google

deutete Lagerung, von der linken Seite aus gesehen darbieten.[54])[55])Anm. Das Gehirn wird auf der Seite des höher stehenden hellen Poles (rechts), die Schwanzseite an der entgegengesetzten Seite angelegt. Bei dem braunen Frosch (Rana fusca) ist das Verhalten ebenso, nur ist die Kopfseite des Eies nicht von vorn herein schon hell, sondern sie wird erst nach der Befruchtung in Gestalt eines halbmondförmigen grauen Feldes aufgehellt (Fig. 8a). [55a]) Anm.

Damit war also erkannt, daß schon lange vor der Anlage irgendwelcher Organe die Hauptrichtungen des künftigen Tieres im Ei bestimmt werden, und zwar schon vor der ersten Teilung des Eies. Nun war zu ermitteln, ob die Bestimmung der Richtung der Symmetrieebene und an ihr die Entscheidung über Kopf- und Schwanzwärts etwa schon im unbefruchteten Ei oder erst zur Zeit der Befruchtung, resp. kurze Zeit nach derselben stattfinde. Diese an schwimmenden Eiern vorgenommene Prüfung ergab die Wahrscheinlichkeit, daß diese Bestimmungen erst um die Zeit der Befruchtung getroffen werden [56]).

Nachdem so die Frage der Zeit annähernd gelöst und damit die Möglichkeit gewonnen war, das richtige Stadium experimentell zu fassen, konnte mit Aussicht auf Erfolg auch zur Inangriffnahme der Ursache der Bestimmung fortgeschritten werden. Und es lag jetzt nahe, zu prüfen, ob etwa die Befruchtung selber diese Bestimmung bewirke.

Es war daher zu ermitteln, ob die Richtung der ersten Furchung des Eies in konstanter Beziehung zu derjenigen Richtung steht, in welcher die Befruchtung des Eies stattgefunden hat.

Zu dieser Prüfung war es nötig, daß wir in die Lage kamen, unsererseits zu bestimmen, an welchem senkrechten Meridian der befruchtende Samenkörper in das Ei eindringt. Dies gelang dadurch, daß in die dicke Eihülle, welche Figur 5 noch sehr wenig gequollen, also dünn andeutet, ein senkrechter Schnitt gemacht wurde. Dadurch bekamen die an dieser Seite eindringenden Samenkörper einen Vorsprung von mehreren Minuten vor den anderen; und der zuerst eindringende Samenkörper befruchtet das Ei. Bei dieser Methode blieben aber viele Eier unentwickelt. Es wurde

Digitized by Google

daher noch eine andere, weniger mit Nachteilen verbundene Methode angewandt, die indes auf zu subtilen Verhältnissen beruht, als daß sie in Kürze ausreichend dargestellt werden könnte [57]) Anm. Eine Hauptsache ist, daß bei diesem Versuche der umordnenden Wirkung der Schwerkraft auf die Dotterteile möglichst vorgebeugt wird, um rein das typische, ohne nicht nötige äußere ordnende Einwirkungen verlaufende Geschehen zu erhalten. Bei möglichster Vermeidung dieser Fehlerquelle ergab sich, daß die erste Furche bis zu 90 % einer Versuchsreihe von den im ganzen 190 geprüften entwickelten Eiern dem von uns willkürlich gewählten Befruchtungsmeridian derartig folgte, daß sie mit ihm ganz oder fast ganz zusammenfiel oder parallel zu ihm stand. [58])

Und außerdem zeigte diese willkürlich lokalisierte Befruchtung bei dem grünen Frosch noch, daß diejenige Seite des Eies, auf der der Samenkörper eingedrungen war, sich mit dem braunen Pole senkte (Fig. 4, links), so daß also nach dem oben (S. 33) Mitgeteilten die Befruchtungsseite des Eies immer zur Schwanzseite des Tieres wird. Bei dem braunen Frosche wird gleichfalls die Befruchtungsseite des Eies zur Schwanzseite des Tieres; nur wird der dunkle Pol nicht nach dieser Seite gesenkt, sondern auf der entgegengesetzten Seite erfolgt (Fig. 8a und b) die bereits erwähnte Aufhellung in Form des typischen halbmondförmigen grauen Feldes (welches von einem anderen, ähnlich sehenden, aber bei hochgradig schiefer andauernder Zwangslage des Eies und auf entgegengesetzte Weise entstehenden grauen Felde zu unterscheiden ist, s. Nr. 42).

Mikroskopische Schnitte durch die eben befruchteten Eier beider Froscharten zeigen, daß der eindringende Samenkörper um sich die Gruppierung bestimmt beschaffenen Dotters (Fig. 8 b) bewirkt. Dadurch geschieht die Bestimmung der Richtung der Mittelebene, indem die Symmetrieebene dieser Gruppierung typischer Weise zur Mittelebene des Tieres wird. Die Entscheidung über die Lage von kopf- und schwanzwärts im Ei ist dadurch gegeben, daß immer die Seite des um die Bahn des Samenkörpers gruppierten Dotters zur Schwanzseite des Tieres wird. [59])

Digitized by Google

So war es also nach vorheriger Ermittelung der Zeit der Bestimmung gelungen, auch die typische Ursache dieser wichtigen allgemeinsten Richtungsbestimmungen festzustellen.

Besondere Beachtung verdienen immer die verbliebenen Abweichungen, denn ihre weitere Verfolgung führt uns, wie schon der große Astronom W. Herschel betont hat, auf die Spur zu neuer Erkenntnis, auf neue noch unbekannte Ursachen, welche mit an der Wirkung beteiligt sind.

Dies war auch hier der Fall. Durch Mikrotomierung derjenigen Eier, bei welchen die erste Furchung nicht in der von uns gewählten Befruchtungsrichtung erfolgt war, zeigte sich, daß der Samenkörper in diesen Fällen aus der Ebene des senkrechten Befruchtungsmeridianes seitlich abgewichen war. Die Vereinigung des Samenkernes und des Eikernes war daher in einer außerhalb dieser Ebene liegenden Richtung erfolgt. In dieser letzteren Richtung geschah jetzt die erste Furchung des Eies. Das Pigment der Eirinde wurde in vielen Fällen nachträglich symmetrisch zu dieser Teilungsrichtung (oder häufiger symmetrisch zu der rechtwinkelig dazu stehenden Ebene der zweiten Teilung) umgeordnet, und die Mittelebene des künftigen Embryo fiel mit dieser neuen Symmetrieebene meist zusammen. Damit hatten wir also einen weiteren Einblick in das Gestaltung bestimmende Geschehen gewonnen, der erkennen ließ, daß die Vereinigungsrichtung des männlichen und weiblichen Kernes die Richtung der ersten Teilung des durch diese Vereinigung gebildeten Furchungskernes und meist auch des Zellleibes bestimmt, und daß von dem so Bestimmten sogar Wirkungen ausgehen können, welche verschiedene Dotterarten symmetrisch dazu umordnen.[60]) Anm. Auf das Genauere dieser Verhältnisse können wir hier nicht eingehen. Die Ursache der erwähnten Ablenkung der Bahn des Samenkörpers im Ei liegt in einer, besonders bei Verzögerung der Laichung schon im Mutterleibe durch Wirkung der Schwerkraft auf die ungleich spezifisch schweren Dotterteile bewirkten abnorm starken Umordnung des Dotters.[61]) [62]) Anm.

Digitized by Google

Da bei Verwendung von Eiern, welche einer rechtzeitigen Laichperiode entstammen und daher weniger dieser Umordnung im Mutterleibe unterlegen sind, sowie außerdem bei möglichster Vermeidung jeden Zwanges auf die Einstellung der Eier nach der Befruchtung mit Samen die Abweichungen von 55 % bei stark schiefer Zwangslage auf 10 % herabgesetzt werden konnten, so ließen sich folgende Gesetze stattfindender komplexer Wirkungen ableiten:

In dem typisch beschaffenen und keiner die Anordnung des Dotters beeinflussenden äußeren Einwirkung unterworfenen Froschei wird durch den eindringenden Samenkörper eine symmetrische Abweichung der vorher vorhandenen annähernden Rotationsstruktur des Dotters (Cytoplasmas) bewirkt, deren Symmetrieebene die Symmetrieebene des künftigen Tieres bestimmt, nämlich sie darstellt. Die durch den eingedrungenen Samenkörper bewirkte Dotteranordnung bestimmt ihrerseits, daß die Befruchtungsseite des Eies zur Schwanzseite (genauer zur ventrikaudalen Seite) des Tieres wird. In dieser Symmetrieebene erfolgt bei der typischen Entwickelung auch die Kopulation des männlichen und weiblichen Kernes. Der durch diese Vereinigung gebildete „Furchungskern" teilt sich in seiner Kopulationsrichtung. [Der Nutzen dieser Art der Teilung des Furchungskernes besteht darin, daß dabei auf den folgenden Kern je die Hälfte des weiblichen und des männlichen Kernmateriales übertragen wird.] Diese typische Dotteranordnung wirkt nicht drehend auf den Furchungskern; daher hat diese Teilung auch noch die Richtung der ursprünglichen Kopulation im umgebenden Raume, also in der Symmetrieebene der Dotteranordnung. Die Teilung des Furchungskerns und des Dotters erfolgt daher in dieser Ebene. Aus diesen Gründen fallen bei der typischen Entwickelung die Richtung der ersten Eiteilung und der Symmetrieebene des Tieres zusammen [63]).

Es ist ohne weiteres klar, daß nur bei Eiern, bei denen wir die Befruchtungsrichtung bestimmen, ein solcher direkter Kausalnexus zwischen ihr und der damit zusammenfallenden Richtung der Symmetrieebene des Tieres abgeleitet werden kann.

Digitized by Google

Denn wenn die Befruchtungsrichtung des Eies vorher schon bestimmt ist und wenn die Mittelebene gleichfalls mit ihr zusammenfällt, so können wir, wie immer bei typischen Koinzidenzen (s. S. 14), nicht wissen, ob nicht auch die Koinzidenz durch irgendwelche Faktoren schon vorher bestimmt war. Aus diesem Grunde konnte aus der älteren bezüglichen Beobachtung von L. Auerbach am Ei von Ascaris nigrovenosa [64]), wo die Eiteilung stets rechtwinkelig zur Befruchtungsrichtung und zugleich zur Längsachse des Eies steht, sowie aus anderen ähnlichen Beobachtungen von Ed. van Beneden, Ch. Julin, M. Nußbaum u. A. eine solche ursächliche Folgerung nicht abgeleitet werden. [65]) Anm.

Von einigen deskriptiv urteilenden Autoren werden die erwähnten Abweichungen in anderer Weise verwendet. Sie argumentieren vielleicht: das Geschehen kann so erfolgen wie angegeben, es kommt aber auch anders vor; also ist das Gesetz falsch, denn ein Gesetz darf keine Ausnahme haben. Auf den oben erörterten Fall der beiden Körper übertragen würde diese Argumentation lauten: „da verschiedene Arten des Falles der Körper (der Bleikugel und der Flaumfeder) vorkommen, ist das Gesetz vom gleichen Falle beider falsch". Richtig dürfte jedoch nur gefolgert werden: Die ermittelten Komponenten kommen nicht stets allein vor; sondern auch in den besten bisher hergestellten Versuchsbedingungen kommen noch manchmal andere Ursachen mit zur Wirkung. Es würde also von diesen Autoren ein Nichtalleinvorkommen mit einem nicht gesetzmäßigen Wirken verwechselt. [66]) Anm. [67]) Anm.

Es ist für die kausale Forschung sehr wesentlich, daß man eine kausale Beziehung, eine bestimmte Wirkungsweise nicht erst erkennt, wenn sie sich in 100 % der Fälle dargeboten hat; dann würde man im Organischen nie zu Gesetzen kommen. Sondern die Hauptsache ist, daß man solches Wirken schon aus wenigen Fällen erkennt, und daß man dann durch geeignete Änderung der Versuchsbedingungen die Wirkung der alterierenden Ursachen möglichst einschränkt.

Die aus dem „Vorkommen" des bezüglichen Geschehens in den Bedingungen der freien Natur abzuleitenden deskriptiven Regeln

Digitized by Google

lauten: Die Richtung der Medianebene des Froscheies fällt oft mit der Richtung der ersten Eiteilung zusammen, und diese fällt oft in die Befruchungsrichtung des Eies. Diese Regeln gehören in ein rein deskriptives, unsere Gesetze in ein entwickelungsmechanisches Buch.

Zum kausalen Versuch gehört auch die kausale Deutung aller seiner Ergebnisse, also auch der Abweichungen. Ohne diese Deutung ist er nicht kausal durchgeführt.

Bevor noch dieses Ergebnis über die typischen Ursachen der allgemeinsten Richtungsverhältnisse des Frosch-Embryo so weit erlangt war, suchte ich eine erste Orientierung über die Örtlichkeit der speziellen Entwickelungsursachen zu gewinnen. Diese Entwickelungsursachen sind zunächst in folgende Gruppen zu teilen: erstens in solche, welche die typische Art der Entwickelung, also die Klassen-, Gattungs-, Spezies-Charaktere etc. „bestimmen" (determinieren): das sind die spezifischen Ursachen oder die Bestimmungs-Faktoren. Zweitens in die durch deren Tätigkeit, also durch die Determination entwickelten, „explizite" geschaffenen „bestimmten" oder expliziten Faktoren und deren Komponenten. Drittens in bloß zur Tätigkeit dieser Gruppen nötige Ursachen. Diese bewirken den Beginn und die Fortsetzung der expliziten Determination in der Proontogenese und Ontogenese sowie die Ausführung des Determinierten, wie es z. B. die Erwärmung des Vogeleies tut, ohne aber die besondere Art des Geschehens, also z. B. ob aus einem Ei ein Vogel oder ein Frosch wird, zu bestimmen. Diese Ursachen stellen die nötigen Nebenursachen der Entwickelung oder die Ausführungsursachen dar. Alle drei Gruppen zusammen repräsentieren die „nötige" Gesamtursache der „typischen" Entwickelung.[67a]) Anm. Außerdem aber können noch Umstände beschleunigend oder verzögernd oder qualitativ alterierend auf den Gang der Entwickelung einwirken, ohne indes zur Entwickelung nötig zu sein. Diese können als Alterationsursachen oder als unnötige Ursachen, NB. der „atypischen" Entwickelung bezeichnet werden.

Digitized by Google

[Wie weit noch besondere Ursachen zur Regulation in atypischen Verhältnissen, also Regulationsursachen (Faktoren und Komponenten) nötig sind, soll hier nicht erörtert werden.]

Die Wirkungsweisen der nötigen Ursachen heißen dann Bestimmungswirkungen oder Determinationswirkungen und reine Ausführungswirkungen. Unter letzteren kommen vielfach Auslösungen vor[68]) [69]). Dazu kommen noch die nicht nötigen Alterationswirkungen und ev. Regulationswirkungen.

Die Gesamtursache im Sinne bloß aller nötigen Ursachen stellt zugleich das Minimum an Entwickelungsursachen dar; die allein durch diese bewirkte Entwickelung ist daher die einfachste „in Wirklichkeit" mögliche. Sie ist es, die oben (S. 28) als typische Entwickelung bezeichnet wurde (s. Nr. 46). Sie ist in vielen Fällen bloß im Laboratorium durch künstliche Fernhaltung sonst gestaltend wirkender äußerer alterierender Ursachen möglich. Denn bei der in der freien Natur vorkommenden „normalen" Entwickelung sind oft Ursachen gestaltend beteiligt, die zur Entwickelung des betreffenden Eies überhaupt nicht nötig sind [so z. B. die Schwerkraft]. Bei der „abnormen" Entwickelung können entweder nötige Faktoren oder blos normaler Weise beteiligte Alterationsfaktoren abnorm beschaffen sein; oder bei der normalen Entwickelung überhaupt nicht beteiligte Faktoren können die Abweichung des Entwickelungsgeschehens bedingen. Die atypische Entwickelung umfaßt alles nicht typische, also alles nicht bloß durch die nötigen Faktoren (bei typischer Beschaffenheit derselben) bewirkte Geschehen. Es muß eine Hauptaufgabe der zukünftigen Forschung sein, in jedem Falle diese drei Gruppen von Ursachen möglichst streng zu sondern. Auf der Unterlassung dieser Scheidung, sowie auf der Nichtbeachtung des Mitwirkens von Alterationsfaktoren beruhen viele Streitigkeiten, so z. B. der vieljährige Streit über die angebliche Notwendigkeit der Schwerkraft. Infolge von Nichtbeachtung des Mitwirkens von Alterationsfaktoren entstanden Differenzen über die Bedeutung der beobachteten Verschiedenheiten der Potenzen isolierter Furchungszellen.

Digitized by Google

Da es meine Absicht war, möglichst bald an das Wesen, an das Besondere, Spezifische der Entwickelungsvorgänge heranzukommen, ließ ich die Ausführungs- und die Alterationsursachen zunächst unbeachtet und suchte mich über die determinierenden Faktoren zu informieren und sie von diesen Nebenfaktoren zu scheiden. Zunächst handelte es sich wieder darum, den Ort der Determinations-Faktoren zu ermitteln.

Daß auch äußere Ursachen wie Wärme, Luft und Wasser, Nahrung zur Entwickelung nötig sind, war bekannt.

Aus dem Nötigsein dieser Faktoren folgt aber noch nicht, daß sie auch die Art des typischen Geschehens, also die Gestaltung „bestimmen".

Zur Tätigkeit einer Spinnmaschine oder einer sonstigen Maschine ist auch Zufuhr von Energie, z. B. in Gestalt von Kohle resp. Wärme, Dampf nötig; diese Energie bestimmt aber nicht was geschieht, sondern nur, daß das anderweit Bestimmte geschieht, und zu welcher Zeit und in welcher Intensität und Dauer es geschieht. Ebenso ist zum Abbrennen, also zur Tätigkeit eines Feuerrades der Sauerstoff der Luft nötig; er bestimmt aber nicht die die Radform ergebende Umdrehung sowie, was alles für Arten von Leuchtkörpern der Reihe nach heraussprühen werden, obschon der Sauerstoff an der Qualität der Flammen mitbeteiligt ist; in Chlorgas würde ein dazu überhaupt geeignetes Feuerwerk in anderer Weise abbrennen als im Sauerstoff.[69a]) Anm.

Da die äußeren Agentien zudem auf die Eier vieler verschiedener Tierklassen und Pflanzen in gleicher Weise einwirken, so können sie keinesfalls die Art der Gestaltung jeder dieser Gruppen von Lebewesen bewirken.

Immerhin prüfte ich, ob etwa die Luftquelle einen Gestaltungbestimmenden Einfluß ausüben könne, indem ihr Ort auf die Lage von Organen, vielleicht der embryonalen Atmungsorgane bestimmend wirke.

An Froscheiern, welche in sie eng umschließende Glasröhren aspiriert waren, wurde darauf geachtet, ob die Embryonen vielleicht konstant zur Luftzutrittsfläche orientiert wären. Es entwickelte sich

Digitized by Google

in jeder Röhre an jedem Ende bloß das letzte, der Luft am nächsten liegende Ei zu einem Embryo. Diese Embryonen hatten aber die verschiedenste Lagerung zur Luftquelle, so daß letztere also keinen Einfluß auf die Lagerung irgend welcher Organe ausübte.[70]) [Das zweitletzte Ei bildete nur die Gastrula; die weiter innen liegenden bildeten nach der Furchung nur noch die Keimblase und bewiesen so, daß neue Luftzufuhr von außen, wenn auch nicht zur Furchung, so doch zum Wachstume nötig ist.] [70a]) Anm.

His hat die Vermutung geäußert, daß manche Zellen des oberen Keimblattes gegen die Luftquelle hinwandern, und daß dadurch dieses Keimblatt in einer bestimmten Phase der Entwickelung flächenhaft vergrößert wird.[71]) Entsprechend der großen Luftzutrittsfläche kann dadurch nur eine wenig besondere Gestaltung bewirkt werden, sofern nicht die Veranlagung zu solcher Wanderung nur auf bestimmte Stellen beschränkt ist. Die Luft ist dabei aber nur ein Ausführungsfaktor; das Geschehen selbst ist in den Qualitäten der beteiligten Zellen determiniert.

Noch eine andere Gruppe von Entwickelungsbedingungen ist zu unterscheiden. Es ist z. B. die Bewegung der Erde mit vier Meilen Sekunden-Geschwindigkeit im Weltraum zur Entwickelung der Eier nötig, insofern als bei ihrer plötzlichen starken Veränderung die Erde und die Eier zertrümmert werden würden, also letztere sich nicht entwickeln könnten. Aber dieses Moment hat weder eine die Art der Gestaltung bestimmende Bedeutung, noch ist es an der Ausführung derselben beteiligt. Sondern es fügt sich den an dem Entwickelungsgeschehen als solchem beteiligten Faktoren nur als inaktive Bedingung hinzu.

Ein äußeres Agens könnte aber wenigstens zur Bestimmung einer allgemeinsten Gestaltung beitragen, da es auf vermengte Teile von ungleichem spezifischen Gewichte ordnend und dadurch richtend zu wirken vermag und immer in wirksamer Weise vorhanden ist. Infolgedessen könnte dieses Agens auch zur Entwickelung direkt nötig sein. Dieses Agens ist die Schwerkraft. Diese Frage wollte Pflüger durch seine oben erwähnten Versuche prüfen. Er kam durch eine sinnreiche Versuchsanordnung zu dem Ergebnis, daß

Digitized by Google

die Schwerkraft es ist, die am Ei den Ort bestimme, der zum Rückenmark wird, und daß diese Bestimmung sogar ganz ohne Rücksicht darauf geschehe, welche Art von Eimaterial sich an dieser Stelle befindet.[71a]) Anm. Danach mußte also die gestaltende Wirkung der Schwerkraft zur Entwickelung auch unbedingt nötig sein.

Gustav Born ermittelte darauf an Schnitten das sichtbare innere Geschehen bei Pflügers Versuch, erkannte aber, daß sich die Hauptmasse des halbflüssigen Eiinhaltes infolge des von mir erwiesenen ungleichen spezifischen Gewichtes der verschiedenen Dottersubstanzen in der allein fixierten Eirinde dreht und wieder annähernd normal ordnet.[72]) Gleichzeitig prüfte ich die angenommene Notwendigkeit der differenzierenden Wirkung der Schwere, indem ich die Eier auf eine senkrechte Scheibe brachte, welche mit Erhaltung ihrer senkrechten Stellung um ihren Mittelpunkt in geeignet abgemessener Geschwindigkeit sich drehte. Obschon nunmehr die Eier, wie festgestellt wurde, fortwährend ihre Richtung gegen die Schwerkraft änderten, und obschon außerdem dafür gesorgt war, daß in einem Glase schwimmende Eier bei jeder Umdrehung der Scheibe auch noch in verschiedener Weise sich gegenseitig verdrängten und in „wechselnder Weise verdrehten", so entwickelten sie sich gleichwohl in normaler Weise.[73]) Sie bewiesen somit, daß eine ordnende, richtende Wirkung der Schwerkraft zur Entwickelung überhaupt, sowie zur Bestimmung der Richtung der Mittelebene und zur Differenzierung der Medullarplatte nicht nötig ist.[74]) Anm.

Dieselben Versuche ließen die weitere Folgerung zu, daß auch die Richtung des Lichteinfalles und die Lage zu dem magnetischen Meridian ohne determinierende Bedeutung für die Gestaltung im Ei sind.

Aus den Rotationsversuchen in Kombination mit dem Versuch über die Luftzufuhr und mit der oben (S. 41) erwähnten allgemeinen Beobachtung dürfen wir folgern, daß alle die typische Art der Gestaltung „bestimmenden" Faktoren der Entwickelung im befruchteten Ei selber enthalten sind (s. Nr. 53).

Digitized by Google

So ist denn durch diese Versuche bewiesen, was wohl viele Forscher im Gegensatz zu Pflüger von vornherein als höchst wahrscheinlich, ja vielleicht schon ohne Beweis als sicher oder als selbstverständlich angenommen haben.[75])

Immerhin mußte, um eine sichere Grundlage für die weitere Forschung zu gewinnen, dieser Beweis erst einmal erbracht werden; und daß er nicht ganz überflüssig war, zeigte sich darin, daß 20 Jahre lang dagegen Widerspruch erhoben worden ist.[76]) Dies geschah zum Teil auch deshalb, weil man irrtümlicher Weise folgerte, ein Nichtnötigsein der Schwerkraft zur Entwickelung bedeute zugleich, daß die Schwerkraft auf das Ei überhaupt nicht gestaltend und auch nicht störend zu wirken vermöge.[77]) Anm.

Durch das gewonnene sichere Ergebnis erhielt die weitere, zunächst allein auf die Ermittelung der „determinierenden" Faktoren der „typischen" Entwickelung und ihrer Wirkungsweisen gerichtete Untersuchung eine sehr angenehme, scharfe Umgrenzung, da alle diese Faktoren im Ei selber zu suchen waren.

Die Entwickelung des befruchteten Eies ist daher in bezug auf das die Gestaltungen bestimmende Geschehen als Selbstdifferenzierung des Eies zu bezeichnen.[78]) Anm. Infolgedessen sind die sich entwickelnden Lebewesen der Hauptsache nach in sich geschlossene Komplexe von Gestaltung bestimmenden und hervorbringenden Wirkungen, für deren Vollziehung von außen her nur die Ausführungsenergien und die Baumaterialien zu liefern sind.[79]) Anm.

Um nun diesen im Ei liegenden Gestaltungsursachen näher zu treten, war es empfehlenswert, zunächst die oben erwähnte Grundannahme von His, daß die Formbildung passiv durch Stauung wachsender, sich ausdehnender Teile an ihrer Umgebung entstehe, an seinen eigenen Hauptbeispielen experimentell zu prüfen. Nach dieser Annahme entstünde die Medullarfurche, die Sie auf Figur 3 der Tafel I im Querschnitt dargestellt sehen, sowie die nachfolgende Rohrform des Rückenmarks durch Stauung der ursprünglich ebenen Rückenmarksplatte an ihrer seitlichen Umgebung oder der seitlichen Umgebung an ihr. Wenn wir daher an Hühnerkeimen, welche den

Digitized by Google

in den Figuren 2 und 3 dargestellten Stadien entsprechen, die seitlichen Ränder der in der Mitte befindlichen dicken Medullarplatte von der Umgebung abtrennen, so müßte die Rohrbildung ausbleiben. Nachdem ich am Hühnerkeim beiderseits diese Trennung vorgenommen hatte, erfolgte aber gleichwohl die Erhebung und Näherung der beiden Ränder; und zwar geschah dies noch rascher, als es normalerweise der Fall ist.[80]) Dies beweist, daß die gestaltenden Ursachen, im Unterschied von der Auffassung His', nicht zu einem wesentlichen Teile außerhalb, sondern vollkommen innerhalb der sich wölbenden Medullarplatte gelegen sind, daß also diese Biegung, wie wir sagen, Selbstdifferenzierung dieser Platte ist. Dasselbe Resultat ergab der entsprechende Versuch am Darmrohr.[81]) Anm. [82]) Anm. [82a]) Anm.

Um weiterhin methodisch fortzuschreiten und uns einen ersten Einblick in das Allgemeinste der Art des noch ganz unbekannten und unverständlichen Entwickelungsgeschehens zu verschaffen, stellte ich die Frage auf, ob die Entwickelung des befruchteten Eies ein formales Gesamtwirken desselben darstellt, und prüfte daher einerseits, ob die typische Gestalt des Eies zur Entwickelung nötig ist, und andererseits, ob zur Entwickelung alle Teile des befruchteten Eies erforderlich sind.

Erstere Frage angehend, wurden Froscheier vor und nach der Befruchtung, nach dem Einstechen von mehreren Nadeln in die Gallerthülle, durch Verschieben der Nadeln gegeneinander, deformiert und diese Deformation wurde durch Einstechen der Nadeln in eine Wachsplatte zu erhalten gesucht. Es gelang aber nur für wenige Stunden, die Eier auf diese Weise zu deformieren, dann rückten sie zwischen den Nadeln seitlich heraus. Einige von diesen Eiern entwickelten sich normal, andere, vermutlich zu stark gequetscht, starben ab. Außerdem wurden die oben erwähnten, in enge, zum Teil in besonders enge Glasröhren aspirierten Eier daraufhin beobachtet. Sie furchten sich abnorm aber in einer Weise, welche das Gesetz einer Wirkung der „Gestaltung" der Furchungszellen auf die Teilungsrichtung erkennen ließ,[83]) Anm., und die am Ende der Reihe befindlichen Eier entwickelten

Digitized by Google

sich trotz der hochgradigen Deformation, von dieser selber natürlich abgesehen, normal. Später wurden gelegentlich noch allerhand andere Deformationen, so bei fast eingetrockneter Gallerthülle der einzeln aufgesetzten Eier entstehende und durch Pressung der Eier zwischen Platten bewirkte, daraufhin beobachtet. In allen diesen verschiedenen Fällen wurde die Gestaltung der Embryonen, soweit es auf Schnitten ohne genaue Untersuchung zu erkennen war, eine so normale, als wenn die schon entwickelten Embryonen bei ausreichender Elastizität erst nachträglich in derselben Weise deformiert worden wären. Die normale Gestalt ist danach weder zur Entwickelung überhaupt noch zur Bildung (von der entsprechenden Deformation abgesehen) normal beschaffener Produkte erforderlich.[84]) —

Genauer formuliert heißt das: zu Entwickelungsvorgängen, welche relativ normal gestaltete Produkte liefern, ist nicht die ganz typische Lagerung der Teile des Keimes zueinander nötig. Wir wissen aber nicht, ob diese Entwickelung selber noch die typische oder nicht vielmehr eine durch Regulationen vermittelte ist.

Da außerdem die sogleich zu erwähnenden Defektversuche auf das Nichtnötigsein der normalen Anordnung der Eisubstanzen zur Bildung normal gestalteter Embryonen hingewiesen hatten, war diese Versuchsreihe nicht methodisch weitergeführt worden. Es hat sich aber, wie wir unten erfahren werden, jüngst gezeigt, daß sie doch viel zu früh abgebrochen worden war.

Die andere Frage war die, ob alle Teile des befruchteten Eies zu seiner Entwickelung nötig sind; und, sofern dies nicht der Fall ist, welche Folgen: erstens das Fehlen von Eisubstanz und zweitens die mit dem Defekte zugleich entstehende Umordnung der Eisubstanzen haben. Es war denkbar, daß schon jeder kleinste Substanzverlust die Entwickelungsfähigkeit aufhebe. Da demnach alle Teile des Eies fortwährend zur Entwickelung nötig wären, so wäre zu folgern, daß auf jedem Stadium immer alle Teile des Eies zusammenwirken müssen, um die Entwickelungsvorgänge zu ermöglichen. Ferner mußte als möglich gedacht werden, daß vielleicht Störungen der Anordnung der Dotterteile eine falsche Anordnung der entwickelten Organe im Tiere bewirke, wenn nicht überhaupt

Digitized by Google

dadurch ganz atypische, fremdartige Bildungen veranlaßt würden. Es war gewiß empfehlenswert, ehe wir an die Erforschung einzelner besonderer Entwickelungsvorgänge herantraten, uns über diese allgemeinsten Eventualitäten Aufschluß zu verschaffen, da je nachdem auch alles spezielle Geschehen in anderer Weise bewirkt werden mußte.

Zu diesem Zwecke versenkte ich eine spitze Nadel in das Froschei, nicht ohne ein geheimes Grauen darüber zu empfinden, daß ich es wagte, in so grober Weise in den geheimnisvollen Komplex aller Bildungsvorgänge eines Lebewesens einzugreifen. Die Anstichstelle wurde genau in ein Bild des Eies eingezeichnet. Beim Zurückziehen der Nadel trat ein mehr oder weniger großer Teil des Eiinhaltes aus (das Extraovat). Es wurde also durch den Anstich ein Defekt im Ei gesetzt; und außerdem wurde notwendigerweise die Anordnung der zurückgebliebenen Substanzen gestört. Diese Versuche wurden vom Frühjahr 1882 an mehrere Frühjahre fortgesetzt und auf alle Stadien der Entwickelung bis zur Gastrula ausgedehnt.[85]) Es ergab sich zunächst, daß trotz des oft großen, bis etwa ein Fünftel des ganzen Eiinhaltes betragenden Austrittes von Bildungs- und Nahrungsdotter meist ganz normal gestaltete Embryonen gebildet wurden, die höchstens an der Operationsstelle einen kleinen, scharf umschriebenen Defekt oder auch diesen nicht darboten[85a]). Es ist also weder alle Eisubstanz, noch ihre vollkommen normale Anordnung zur Entwickelung an sich und zur Bildung der Hauptsache nach normal gestalteter Embryonen nötig.

Gleichzeitig wurden an Blastulae, Gastrulae und jungen Embryonen große Schnitte, zum Teil mit Bildung zungenförmiger Lappen ausgeführt. Es zeigte sich, daß trotz der entstehenden hochgradigen Deformation sowie trotz der teilweisen Isolation großer Teile von ihrer Umgebung durch die Zusammenhangstrennung die Gebilde sich in manchen Fällen bis dicht an den Schnittrand zu normaler Gestalt weiter entwickelten, ein Beweis von Selbstdifferenzierung ganz atypisch abgegrenzter Teile. [Im allgemeinen gilt wohl der Satz: größere Komplexe von

Digitized by Google

Zellen eines Lebewesens haben weitergehende typische Selbstdifferenzierungsfähigkeit als kleinere. Aber auch viele spätere einzelne Zellen sind der Selbstdifferenzierung noch fähig, wenn auch nur in geringerem Maaße.][85b])

Schon in einigen Fällen der ersten dieser bestimmt lokalisierten Anstichversuche starb das halbe Ei nach dem Anstich ganz ab, während die andere Eihälfte am Leben blieb.[85c]) Durch die Tötung einer ganzen Eihälfte erhielten wir Gelegenheit, einen Schritt weiter zu gelangen und die Frage nach der Örtlichkeit der speziellen Entwickelungsursachen vom Beginne der Entwickelung an für das bestimmt umgrenzte Gebiet einer durch die Entwickelung selber gesonderten Eihälfte zu erforschen.

Wir hatten oben (S. 32) erkannt, daß bei der typischen Entwickelung die erste Teilungsebene des Eies zur Mittelebene des künftigen Tieres wird. Daher stellt jede der so abgegrenzten Eihälften (von kleinen, nachträglich vorkommenden Substanzverschiebungen über die Grenze abgesehen) das Material einer der beiden seitlichen Körperhälften des Embryos dar. Da auch schon Kopf- und Schwanz-, Bauch- und Rückwärts in erkennbarer Weise bestimmt sind (s. o. S. 33), so konnte jede dieser Eihälften auch bereits als rechte oder linke erkannt werden.

Es war nun die Frage aufzuwerfen, ob jede dieser Eihälften außer dem Materiale zur Bildung der betreffenden Körperhälften auch die Energieen in sich enthält, welche die Art der Gestaltung dieses Materiales im Laufe der Entwickelung bestimmen; oder ob etwa im Gegenteil beide Hälften nur unter Zusammenwirken sich zu entwickeln vermögen.

Nach Besiegung von allerhand Schwierigkeiten gelang es, bei einer größeren Anzahl von Eiern eine der beiden ersten Furchungszellen ganz und für längere Zeit oder dauernd von der Entwickelung auszuschalten.

Trotzdem entwickelte sich die überlebende andere Eihälfte weiter — und lieferte deutliche rechte und linke halbe Embryonen. In Figur 9 der Tafel II ist zum Vergleiche ein ganzer

Digitized by Google

Embryo des jüngsten Stadiums abgebildet, Figur 10 zeigt einen linken Halbembryo von der Rückenseite aus gesehen, etwas älter und wie gewöhnlich um die unentwickelte Eihälfte herumgebogen.

Auch vordere Halb-Embryonen können entstehen (Figur 11 zeigt einen solchen, am Defektrande bereits in Ergänzung begriffen). Dies Gebilde entsteht, wenn nach der zweiten Teilung des Eies (Fig. 7) die beiden dunklen, also die schwanzwärts liegenden Zellen getödtet werden. Ferner entstanden durch Abtödtung bloß einer der vier ersten Zellen scharf abgegrenzte Dreiviertelembryonen.

Der rechte oder linke Halb-Embryo hat nur eine seitliche Hälfte des Rückenmarkes, einen seitlichen halben Darmkanal und nur die Organanlagen der zugehörigen seitlichen Körperhälfte.

Aus der Bildung der rechten oder linken Halbembryonen ist zu folgern, daß jede der beiden ersten Furchungszellen nicht bloß das Baumaterial zur Bildung der entsprechenden Körperhälfte darstellt, sondern, daß jede dieser Zellen auch das „Vermögen" (die Potenz) zu dieser Bildung besitzt, daß jede somit alle zu ihrer Entwickelung nötigen, die besondere Gestaltung „bestimmenden" Energien (die Determinationsenergien) in sich selber enthält, seien diese nun, wie wohl zumeist, Energien der Lage oder kinetische Energien.[86], [86a]) Anm.

Differenzierende Mitwirkung der anderen Eihälfte ist also zur Entwickelung einer durch die Selbstteilung des Froscheies gebildeten und abgegrenzten Eihälfte eine große Entwickelungsstrecke weit nicht erforderlich.[87]) Anm.

Aus diesem Ergebnis leitete ich noch die weitere, aber vielumstrittene Folgerung ab, daß solche differenzierende Wirkung der einen Eihälfte des Froscheies auf die andere auch bei der „typischen" Entwickelung nicht vorkommt. Denn da aus dem halben Ei, von einigen alterierenden, groben Massenwirkungen abgesehen, in unserem Versuche ganz dasselbe wie bei der typischen Entwickelung, nämlich ein halber Embryo entsteht, und da dieser außerdem unter den typischen Formwandlungen gebildet

Digitized by Google

wird, so liegt, wie mir scheint, keine Veranlassung vor, anzunehmen, daß diese Bildung etwa auf andere, von der typischen Entwickelung verschiedene Weise geschehen sei. Wenn aber bei der typischen Entwickelung des ganzen Eies beide ersten Furchungszellen und die Gesamtheit ihrer Derivate wesentlich differenzierend aufeinander wirkten, dann würde die Halbentwickelung einer dieser Zellen nach Abtödtung der anderen Zelle nicht möglich sein. Es müßte denn für diesen abnormen Fall ein Mechanismus in Tätigkeit treten, der statt wie sonst bei abnormen Verhältnissen mehr vom Ganzen auf die Teile ausgeübter Wirkungen zu benötigen (s. u. S. 72) sogar ohne die schon zur typischen Entwickelung nötigen allgemeinen differenzierenden Wechselwirkungen auskommt. Dieses halte ich für ganz unwahrscheinlich und folgere daher: Die „typische" Entwickelung des Froschembryo erfolgt eine große Strecke weit durch Selbstdifferenzierung der ersten Furchungszellen resp. des Komplexes ihrer Teilzellen und stellt daher eine Art von Mosaikarbeit, von Bildung der einzelnen Embryo-Hälften für sich dar[1]). [88]) Ähnliches scheint auch für Säugetiere Gültigkeit zu haben, denn ich habe ein fast bis zur Geburtsreife ausgebildetes Kalb erhalten, welches nur aus einer vorderen Körperhälfte bestand aber wohlgebildet war, während am hinteren Rande, also am Defektrande sogleich das Amnionhäutchen ringsherum entsprang, ein Zeichen, daß auch früher keine anderen, etwa später rückgebildeten Organanlagen daselbst vorhanden waren [89]), [89a]) Anm. [89b]).

Nicht gerade einer Körperhälfte entsprechende aber gleichfalls sehr große Defekt-Mißbildungen kommen auch beim Menschen vor: so z. B. ein entwickelter Kopf und Hals fast ohne Rumpf oder ein entwickelter Rumpf mit Beinen ohne Arme und Kopf. Diese und viele andere Mißbildungen deuten auf hochgradige Selbstdifferenzierung von Teilstücken auch des jungen Menschenkeimes hin, dessen Anfangsstufe aber noch nicht genau ermittelt ist [90]) Anm.

---

[1]) Auch die Viertel des Froscheies können sich eine Strecke weit für sich differenzieren, worauf wir aber, wie auf vieles andere Besondere hier nicht eingehen können.

Digitized by Google

His' Prinzip der organbildenden Keimbezirke erhält durch diese Ermittelungen für die ersten Furchungszellen sowie für alle anderen der „Selbstdifferenzierung" unterliegenden Bezirke des Eies oder des älteren Keimes außer seiner ursprünglichen rein materiell-topographischen Bedeutung noch eine kausal-topographische Bedeutung, die His nach seiner eigenen Mitteilung bei Aufstellung seines Prinzipes vollkommen fern gelegen hat.[90a]) Anm.

Bei der räumlichen Isolierung der Medullarplatte des Hühnchens durch Abschneiden ihrer Umgebung, sowie auch bei der zwar nicht räumlichen aber „funktionellen Isolierung" einer Furchungszelle des Froscheies durch Abtötung der anderen Zelle haben wir das Gestaltungsvermögen oder die Gestaltungspotenz des isolierten Teiles nur in bezug auf ihn selber, nicht in bezug auf andere, außerhalb von ihm gelegene Teile kennen gelernt.

Da jedoch bei dem Froschei in verschiedenen Versuchen jede nicht verletzte Hälfte, sei es die rechte oder linke, sich als der Selbstdifferenzierung zu einem halben Lebewesen fähig erwies, hatten wir keine Veranlassung anzunehmen, daß sie noch von der anderen Zelle wesentlich differenzierend beeinflußt werde, und es lag daher auch keine Ursache vor zu vermuten, daß sie selber typischerweise einen solchen Einfluß nach außen ausübe und auszuüben vermöge. Anders liegt diese Frage in bezug auf die isolierte Medullarplatte des Hühnchens. Da hatten wir bloß das Gestaltungsvermögen dieses einen, dem Übrigen nicht gleichwertigen Teiles des Keimes geprüft. Aus der dabei erkannten Selbstdifferenzierung dieses Teiles folgt also nicht, daß diese Platte nicht außerdem noch das Vermögen zu differenzierenden Wirkungen auf außerhalb von ihr gelegene Teile habe und solches bei der typischen Entwickelung nicht betätige. Um diese Frage zu erledigen, mußte erst die Entwickelung der übrigen Teile des Keimes nach Herausnahme der Medullarplatte verfolgt werden (s. u. S. 55)[91]) Anm.

Fassen wir das Wesentliche unseres Programmes und seiner ersten Ausführung kurz zusammen, so besteht es erstens in dem methodisch vorgehenden Streben nach ursäch-

Digitized by Google

licher Analyse, nach Wirkungs-Analyse des Entwickelungsgeschehens (statt ein einzelnes Gestaltungsprinzip, wie das des ungleichen Wachstums deskriptiv zu verfolgen). Die Vorstufen bilden die Ermittelung des Ortes der Ursachen und der Zeit der „expliziten Determination"; ihnen folgt die Erforschung der Qualität des Wirkens beim Determinieren und bei der „Ausführung" (Realisation). [92]) Anm. Zweitens ist es charakterisiert durch die Anwendung des allein zu sicherer ursächlicher Kenntnis führenden „analytischen" kausalen Experiments; und seine erste Ausführung ist bezeichnet durch die Anwendung dieser beiderlei Hülfsmittel zunächst auf den „Anfang" der individuellen Entwickelung, um zunächst die „allgemeinsten" Verhältnisse des gestaltenden Wirkens zu ermitteln, da mit diesem Allgemeinsten auch alles Spezielle zugleich in gewissem Maße seiner Art nach bestimmt werden muß.

Von den „typischen" Determinations- und Realisations-Ursachen (seien sie Faktoren oder Komponenten) wurden die „nicht nötigen" oder „Alterationsursachen" geschieden. Dementsprechend wurde typisches Entwickelungsgeschehen von dem nicht nötigen, atypischen Entwickelungsgeschehen möglichst gesondert. Außerdem werden streng auseinander gehalten die Gesetze des Wirkens und die Regeln des Vorkommens.

Ich glaube, daß jede exakte kausale ontogenetische Untersuchung sich auf diese elementare Analyse stützen muß. Manche derzeitigen und gleichfalls experimentell arbeitenden Embryologen unterlassen es aber, diese Distinktionen zu verwenden, und indem sie daher Heterogenes als gleichwertig beurteilten, ist viel Verwirrung angerichtet worden (s. 127) [121]).

An die mitgeteilten analytischen Ausgangsversuche zur ersten Orientierung über das Allgemeinste der Art der vorliegenden ursächlichen Probleme haben sich viele ingeniöse Versuche von seiten zahlreicher Forscher angeschlossen; und ihre Ergebnisse haben uns eine Fülle vorher ungeahnter Kenntnisse und neuer, teils bereits analytischer, exakter, teils vorerst noch unbestimmter kausaler Einsicht gebracht.

Digitized by Google

Ohne den im Vorwort angekündigten späteren Sondervorträgen und -Aufsätzen vorgreifen zu wollen, sei hier wenigstens noch angedeutet, in welchen Hauptrichtungen sich diese jetzt weit verbreitete Forschung bisher vorzugsweise bewegt hat.

Um zunächst an das Mitgeteilte sich anschliessende Ergebnisse zu erwähnen, so wurden durch Isolation erster Furchungszellen den oben geschilderten Halbgebilden der Hauptsache nach entsprechende Teilbildungen gewonnen: zunächst (angeblich) von Chabry an Ascidien (1887) [93]) Anm., ferner von H. Driesch und C. Fiedler an einem Seeigel (Echinus) (1891), von Endres, Barfurth und Morgan an Amphibien, [94]) Anm., von Crampton an einer Meerschnecke, von Fischel an Quallen (Beroe), von Edm. Wilson an der Napfschnecke, der Zahnschnecke und einem Wurm, desgl. von Zeleny an einer Nemertine, also bei sehr verschiedenen Tierklassen [95]) Anm.

Alle diese Beobachtungen zusammengenommen ergibt sich, daß bei manchen Tieren, zum Teil noch mehr als beim Frosch, das befruchtete Ei einen differenzierten Bau besitzt, der es befähigt, daß die durch die Entwickelung selber abgegrenzten Teile des Eies, die ersten Furchungszellen mit ihrer vollständigen, wohlgeordneten, aus Zellleib, Zellkern und Zentralkörper gebildeten Zellorganisation sich zu Teilen von Embryonen zu entwickeln vermögen. Diese Embryoteile entsprechen der Lage und Größe der beteiligten Furchungszelle zur Orientierung der Hauptrichtungen resp. zur Größe des ganzen Eies. (Genaueres siehe Seite 67 und Nr. 118). Weitere Versuche von Fischel und Driesch lehrten, daß dies bei einigen Tieren auch mit künstlich durch Schnitt abgegrenzten, den Kern enthaltenden Stücken des Eies der Fall ist. [96]) Anm.

Auch wurde aufgefunden, daß einige Autoren bereits vor längerer Zeit gelegentlich ein bezügliches Experiment gemacht hatten. So hatte E. Häckel, der sich übrigens ziemlich ablehnend gegen unsere Richtung verhält, schon im Jahre 1869 Keimblasen von Siphonophoren mit einer Nadel in Stücke geteilt, deren jedes nach kurzer Zeit sich zu einer vollen kleinen Kugel schloß. Chun

Digitized by Google

hatte 1877 durch Schütteln von in zwei Zellen geteilten Ctenophoren (Kammquallen) Halblarven erhalten (s. Nr. 5, II, S. 808). Und nach meinen Versuchen über die künstlich lokalisierte Befruchtung wurde aufgefunden, daß Newport bereits im Jahre 1851 einen ähnlichen, wenn auch infolge noch mangelnder Kenntnis der Fehlerquellen nicht beweiskräftigen Versuch angestellt und schon ein „regelmäßiges", wenn auch noch nicht „typisches" Zusammenfallen der ersten Furche mit der Medianebene des Froschembryo ermittelt hatte (s. Nr. 5, II, S. 416).

Es ist bezeichnend dafür, wie vollständig die Biologen damals von ganz anderen Interessen erfüllt waren, daß sowohl die Autoren, selber: Häckel und Chun (Newport starb früh) wie ihre Leser diese Goldfunde unbeachtet und ungewertet liegen ließen. [97]) Anm.

Weiterhin zeigten Versuche von G. Born mit Zusammenpassung und Verwachsung von großen Stücken erst sehr wenig differenzierter Froschembryonen eine fast vollkommene und sehr weit in der Entwickelung gehende Selbstdifferenzierung dieser beliebig abgegrenzten Stücke. Dasselbe Ergebnis lieferte die Vereinigung von Stücken von Schmetterlingspuppen durch H. Crampton, ferner Transplantationen der eben erst angelegten Extremitätenstummel an andere Körperstellen durch H. Braus. [98]) Diese letzteren Versuche bekunden, daß alle in der transplantierten Anlage enthaltenen Organkeime eine Strecke weit sich ohne die typische Verbindung mit dem Zentralnervensystem und zum Teil auch ohne normale Nachbarschaft der Hauptsache nach normal zu entwickeln vermögen. Weitere Transplantation mit ähnlichem Erfolg sind Th. Garbowski, Edm. Wilson, Fl. Peebles, P. Hazen, Ch. W. Hargitt u. a. gelungen. Auch Vereinigung ausdifferenzierter Körperstücke von Regenwürmern durch Korschelt, Joest, Rabes erwiesen sich als in mancher Hinsicht kausal lehrreich; desgleichen die Verfolgung der Gestaltungsvorgänge an aus dem Körper entnommenen und in ein indifferentes Medium (Agar) übertragenen Geweben und Organen, die wir also Explantationen nennen können, durch v. Saltykow u. a. sowie viele andere von Pathologen zum Zwecke der Ermittelung der Ursache der Geschwülste vorgenommene Überpflanzungen. [99]).

Digitized by Google

A. Schaper studierte die Entwickelung des Froschembryo nach Entfernung fast des ganzen Nervensystems, Harrison nach Lähmung desselben; sie fanden gleichfalls die Selbstdifferenzierung des Rumpfes, also die Unabhängigkeit der frühen Entwickelung seiner Teile vom Zentralnervensystem. E. Steinitz, des ersteren Schüler, sah dasselbe nach Entfernung der embryonalen Augenblasen. Speziellere Versuche von Schaper und seinem Schüler Goldstein, sowie von Harrison und Braus bewiesen die gleiche Unabhängigkeit der ersten Differenzierung der Muskeln. Durch Spemann, Hel. King u. a. lernten wir die Selbstdifferenzierung der primären Augenblase, durch Harrison diejenige der Anlage der Seitenorgane der Amphibien kennen, und Monakow und seine Schüler Veraguth u. a. sowie Anton, Zingerle u. a. folgerten die Selbstdifferenzierung vieler Gehirnteile aus der Entwickelung versprengter Teile[100]). So ist denn unsere Kenntnis von der Selbstdifferenzierung beliebig von uns oder zufällig von der Natur abgegrenzter Teile von Keimen und Embryonen in hohem Maße erweitert worden, wenn schon die kleinsten der Selbstdifferenzierung fähigen Bezirke, die ich seinerzeit zu ermitteln als nötig bezeichnet hatte, noch nicht erforscht sind (s. Nr. 5 II S. 207, 452).

Durch diese Selbstdifferenzierung isolierter und transplantierter Teile wird zunächst festgestellt, daß zur Zeit dieses Eingriffes die Veränderung des betreffenden Teiles bereits eine derartige ist, dass das Vermögen zu seiner typischen Gestaltung in ihm selber liegt, daß also vorher eine entsprechende „Spezifikation" stattgefunden hat. Unter Spezifikation verstehen wir, im Unterschied zur Differenzierung oder der strukturellen und sonstigen formalen Veränderung, die Veränderung (oder das Verändertsein also die Besonderheit) des „gestaltenden Vermögens" der Teile. [101]) Anm. [101a])

Ob die Ursache der erkannten Spezifikationen erst blos in expliziter Determination oder auch schon in expliziter Ausführung (Realisation) von Determiniertem besteht, ist im Spezialfall oft erst noch zu ermitteln. [102]) Anm.

Digitized by Google

Die Differenzierung dieser der Selbstdifferenzierung fähigen Stücke erfolgt aber natürlich ihrerseits durch irgendwelche „differenzierenden" oder mindestens Differenzierung „auslösenden" Wirkungen von Unterteilen derselben aufeinander. Wenn wir erst die kleinsten der Selbstdifferenzierung fähigen Gebilde, welche an einer Gestaltung beteiligt sind, ermittelt haben, dann wissen wir auch schon etwas mehr über die Teile, welche differenzierend wirken, denn es müssen Unterteile der ersteren sein.

Andererseits sind wir auch auf dem Wege, mancherlei abhängige Differenzierungen zu ermitteln. So hat C. Herbst erkannt, daß beim Seeigel der Ort und die Zeit der Bildung eines Armes der Pluteus-Larven durch den von einer Kalknadel ausgeübten Reiz veranlaßt wird. Ferner wird nach den Experimenten von Spemann, Herbst, Fischel, Barfurth, Lewis, Hel. King Ort und Zeit der Bildung der Linse des Auges von dem Ort und der Zeit der Näherung der primären Augenblase an das äußere Keimblatt bestimmt; die Art der Bildung aber, die Determination der Form und Struktur scheint wesentlich im Keimblatt selber zu liegen [103]) Anm.. E. Neumann folgert die Abhängigkeit der weiteren Entwickelung und Erhaltung der bereits angelegten Muskeln vom Nervensystem, ähnlich wie sie für weit spätere Stadien schon bekannt war [104]). Überhaupt gehören die von den Pathologen ermittelten, nach Zerstörung oder Abtrennung eines Teiles in anderen Teilen auftretenden sekundären Degenerationen hierher. Um noch eine andere Art gestaltender Korrelationen anzuführen, so wurde die früher nur sagenhaft überlieferte Abhängigkeit der Geweihbildung der Cerviden (hirschartigen Tiere) von abnormen Zuständen der Geschlechtsdrüsen, der übrigen Teile des Rumpfes sowie auch der Extremitäten durch A. Roerig genau festgestellt. Wir haben dadurch sehr rätselvolle gestaltende Wirkungen voneinander entfernter Körperteile aufeinander kennen gelernt. [105])

Hatten wir es in den erwähnten Versuchen zumeist mit von uns bestimmt lokalisierten mechanischen Eingriffen und bestimmt begrenzter Reaktion zu tun, so ergaben Versuche mit der diffusen Einwirkung chemischer Agentien auf das Ei oder den

Digitized by Google

ganzen Embryo doch zumeist keine diffusen Wirkungen, sondern sie führten gleichfalls zu bestimmt umgrenzten gestaltenden Reaktionen, wobei aber die Örtlichkeit der letzteren, statt von uns bestimmt zu werden, von der besonderen Beschaffenheit der Teile des Eies, bezw. des mehr oder weniger entwickelten Keimes abhängt. Diese vielfach angestellten Versuche lieferten besonders in der Hand von C. Herbst analytisch verwertbare morphologische Ergebnisse am Seeigelei. Dieser Forscher begann außerdem die zur Entwickelung notwendigen chemischen Stoffe und die Folgen des Fehlens einzelner zu ermitteln. Seine Ergebnisse veranlaßten ihn ferner, die formbildenden Reize zusammenfassend zu bearbeiten, wodurch wieder andere Autoren angeregt wurden.[106]), [107]) Anm., [108]) Anm. Viel wurde über die die Gestaltungsvorgänge beeinflussenden, sei es nötigen, begünstigenden oder sonstig alterierenden Wirkungen äußerer Faktoren: wie Wärme, Licht, Elektrizität, Luft, flüssiges Medium, osmotischer Druck (Salzlösungen), Alkalien, Schwerkraft, Zentrifugalkraft, Luftdruck (von L. Gerlach, Davenport, O. und R. Hertwig, E. Bataillon, J. Löb, Gurwitsch, Fl. Peebles, Vernon, Gerassimow, Schimkewitsch, E. Godlewski jun., R. Lillie, Samassa, O. Schulze, Rauber u. a.) gearbeitet, und Davenport hat eine große zusammenfassende Bearbeitung dieses Gebietes unternommen[108a]).

Dabei sind, wie auch bei vielen der vorher erwähnten Versuche gestaltende Gesamtwirkungen, die Gesamtergebnisse der Tätigkeit vieler Zellen nach einem Eingriffe ermittelt worden. Die Analyse dieses gestaltenden Geschehens in die Leistungen der einzelnen beteiligten Zellen und die Zurückführungen dieser auf die speziellen determinierenden und ausführenden Ursachen der allgemeinen gestaltenden Zellleistungen: des Wachstums, des Schwundes, der Wanderung, der Gestaltung dieser Elementargebilde hat noch zurückstehen müssen. Es liegen aber auch darüber schon einige Untersuchungen vor. Wenn auch die die typischen Gestaltungen explizite bestimmenden Wirkungen noch am unbekanntesten sind, so hat man doch mit Recht zunächst durch die letztgenannten Versuche sich bestrebt, wenigstens die Realisation

Digitized by Google

des Bestimmten quantitativ zu alterieren, um so erst einmal Faktoren kennen zu lernen, welche dieses Geschehen überhaupt zu beeinflussen vermögen. Der Beeinflussung der Größe dieses Realisations-Geschehens wird diejenige der Richtung desselben folgen, um dann mit dem Aufsuchen auch der typischen Determinations-Faktoren der Größe, Richtung, Zeit und des Ortes zu beginnen.

Das Wachstum selber ist in verschiedene Arten analysiert worden (Roux, Davenport, Schaper u. a.[82]) Anm., [108b]). Mit dem spezifischen Grundvorgang desselben aber, mit der morphologischen Assimilation, der Bildung neuer typisch strukturierter, der bestehenden gleicher Lebenssubstanz ist dies noch nicht der Fall. Sie stellt aber auch wohl eines der schwierigsten Probleme der organischen Gestaltung überhaupt dar (s. Nr. 5, II S. 78, 1021, I 233 und Nr. 24).

Da eine auf das Ei oder auf eine einzige Furchungszelle ausgeübte Wirkung infolge der wiederholten Teilung dieser Gebilde ihre Wirkung oft auf einen ganzen Komplex von Zellen überträgt, so entstehen aus analytisch auf einzelne Zellen oder auf Zellteile ausgeübten Wirkungen bald Gesamtwirkungen auf größere Zellenmassen.

Zu solcher analytischen Ausgangswirkung mit nachfolgender gestaltender Gesamtwirkung gehört auch die künstliche Parthenogenesis durch die Wirkung physikalisch-chemischer Agentien (von Gebr. Hertwig, J. Loeb, Edm. Wilson, Morgan, Winkler, E. Bataillon, J. Delage, Garbowski, Viguier, Hunter, Kostanecki, G. Bullot u. a.), ferner die ebenfalls durch chemische Agentien veranlaßte Entwickelung ohne vorgängige Zerlegung in Zellen (Fr. R. Lillie); einfacher bleibt die künstliche Veranlassung zur Bildung von Zentrosomen (J. Loeb, Morgan)[109]). Jede dieser Wirkungen kann durch sehr verschiedene chemische Substanzen veranlaßt werden. Dies deutet darauf hin, daß hier nicht spezifisch chemische, sondern allgemeinere physikalische Wirkungen der Agentien vorliegen, von denen man besonders die osmotischen Wirkungen als bedeutungsvoll erkannt hat (J. Löb, Bataillon, Delage).

Digitized by Google

Die erwähnte, bei mehreren Tierklassen, selbst bei einem Wirbeltier (Frosch, E. Bataillon) bereits gelungene, wenn auch letzteren Falles nicht weit in der Entwickelung führende künstliche Parthenogenesis hat uns gezeigt, daß die mit der Befruchtung ausgeübten zwei verschiedenen Wirkungen: die Anregung des Eies zur Entwickelung und die Vererbung, die Übertragung der väterlichen Eigenschaften auf das Ei vollkommen unabhängig von einander sein können und in ihrem Wesen gar nichts miteinander zu tun haben. Die Anregung des Eies zur Entwickelung kann außer durch den Samen für eine große Anfangsstrecke der Entwickelung auch durch verschiedene chemische und physikalische Reize erfolgen. (Das männliche Individuum ist also zur „Befruchtung in diesem Sinne" nicht unbedingt nötig. Das wird den Mut der Frauenrechtlerinnen hoffentlich nicht zu sehr heben. Es ist kaum zu befürchten, daß künstliche Parthenogenesis auch noch beim Menschen gelänge; sonst müßte sie mit Strafe belegt werden, um den sozialen und rechtlichen Störungen möglichst vorzubeugen.)

Hieran reihen sich die wichtigen Versuche von Boveri, Delage, H. E. Ziegler u. a. mit Befruchtung von kleinen kernlosen Dotterstücken (Cytoplasmastücken) des Seeigeleies (Merogonie) durch Samen, mit dem Erfolg der Produktion kleiner Seeigel, ein Vorgang, der von Giard wegen des fehlenden Eikerns als „männliche Parthenogenesis" (Ephebogenesis, Rawitz), als Entwickelung eines Samenkörpers aufgefaßt wird. Das Eiplasma wird dann nur als anregende und nährende, nicht als Gestaltung gebende, determinierende Substanz beurteilt. (Immerhin eine kleine Entschädigung der Männer für die erwähnte fakultative weibliche Parthenogenesis). Sehr interessant ist ferner Boveris Kombination dieses Versuches mit Bastardierung, also mit Verwendung von Samen und Eifragmenten verschiedener Spezies, wobei Seeigelembryonen (Pluteus-Larven) bloß mit den Spezies-Charakteren des Vaters, also Kinder ohne mütterliche Eigenschaften entstehen können[109a]).

Im Zusammenhang mit diesen Versuchen, teils auch schon vor ihnen wurden von Hofer, A. Gruber, Balbiani, Nußbaum,

Digitized by Google

Ziegler, Boveri, Rich. Hertwig, zur Strassen, Gerassimow u. a. analytische Versuche über den besonderen Anteil des Zellleibes, des Zellkerns und des Zentralkörperchens an der Gestaltungstätigkeit der tierischen Zelle gemacht, welche gleichfalls manchen wichtigen Aufschluß gaben. Es handelt sich hierbei also um die genauere Ermittelung des Ortes der gestaltenden, sowohl der determinierenden wie der ausführenden Potenzen innerhalb der Zelle.

Auch die überaus wichtige Frage der Vererbung vom Individuum (Soma) neu erworbener Eigenschaften auf die Nachkommen ist mit Eifer in experimentelle Prüfung genommen worden und hat in einigen Fällen diffuser Einwirkung (Wärmewirkung) die Vererbung scheinbar beweisende Resultate ergeben (A. Weismann, Standfuß, E. Fischer). Die sicheren Resultate sind aber doch auch einer wesentlich anderen Deutung zugänglich.[110]) Anm.

Versuche über die künstliche Bestimmung des Geschlechts der Nachkommen durch die Nahrung haben nur bei niederen wirbellosen Tieren (M. Nußbaum, Maupas, Emery) ein zuverlässiges Resultat ergeben. Bei den höheren Tieren liegen die Verhältnisse jedenfalls viel komplizierter und wir sind weit davon entfernt, sie auch nur in Gedanken annähernd richtig analysieren und sie experimentell analytiscq beeinflussen zu können (G. Born, S. Schenk). Mehrfach angestellte Bastardierungsversuche sind nach langem deskriptivem Stadium jetzt durch genauere Verfolgung des anfänglichen Geschehens im Begriff, zunächst wenigstens formal-analytisch zu werden.

Ferner seien Versuche erwähnt, welche auf die Teilungs-Mechanismen des Zellleibes und des Kernes einen ersten Schimmer werfen (H. E. Ziegler, Rhumbler, M. Heidenhain, Reinke u. a.)

Schließlich ist noch eine selbständige Reihe von Versuchen über Ursachen der allgemeinsten Struktur des Zellleibes, sowie einiger seiner gestaltlichen und funktionellen Leistungen zu nennen. Aus der Erkenntnis, daß der Zellleib aus verschiedengradig flüssigen Bestandteilen besteht, die sich mit entsprechend gespannten Oberflächen gegeneinander abgrenzen, wurden in überraschender Weise manche vordem für komplex gehaltene Vorgänge als Wirkungen

Digitized by Google

der physikalischen Oberflächenspannung abgeleitet, so z. B. die Bildung der wabenartigen Struktur des Protoplasmas vieler Zellen, die Aufnahme und Indietiefeführung von Nahrung und die Ausstoßung von Unverdautem, die Bildung und Kontraktion von Vakuolen, die Aussendung und Einziehung von Fortsätzen, ja die Wanderung gegen einen äußeren Punkt hin, ferner die Bildung von Gehäusen einiger Protisten aus fremden Körpern u. a. Es wurde hier mit großem Erfolg von dem anorganischen Versuch zur Aufklärung des organischen Geschehens per analogiam Gebrauch gemacht [111]) Anm.

Hierbei wurden schon einfache physikalische Wirkungsweisen als typische, organische Gestaltungen vollziehende, teilweise sogar als determinierende Faktoren erkannt, wenn auch im einzelnen über den Anteil der verschiedenen Oberflächenkräfte noch vieles strittig ist. Aber das Meiste der typisch wiederkehrenden organischen Gestaltungen muß zur Zeit und wohl sehr lange noch von komplexen Faktoren, welche diese vererbte Wiederholung determinieren, abgeleitet werden.

Die auf diesem Gebiete bereits gewonnenen wichtigen Aufklärungen verdanken wir der vereinten Forschung von Physikern (H. Quincke, O. Lehmann), Pflanzenphysiologen (Berthold, L. Errera, E. Fischer, H. de Vries u. a.), Zoologen, Physiologen und Pathologen (besonders Bütschli und Rhumbler, ferner V. von Ebner, F. Dreyer, W. Roux, Verworn, J. Bernstein, Eug. Albrecht, Montgomery u. a.). An den Versuchen über die gestaltenden Leistungen der Zellen und ihrer Bestandteile haben überhaupt die Pflanzenphysiologen einen sehr wesentlichen Anteil. Auf diesem, Zoologen und Botanikern gemeinsamsten Gebiete hat bereits ein förderndes Zusammenarbeiten begonnen, während im übrigen aus den oben (Seite 9) erwähnten Gründen beide Gruppen von Forschern zumeist noch getrennt vorgehen. [111a])

Auch die Vermögen der anziehenden Wirkung, welche viele Furchungszellen aufeinander ausüben (den Cytotropismus Roux, Rhumbler, zur Straßen) und der Selbstordnung sich berührender Furchungszellen lassen sich von Wirkung der Oberflächenspannung

Digitized by Google

ableiten (Roux, Rhumbler, Heidenhain); doch betrifft dies bis jetzt wieder nur die Ausführung überhaupt; die spezielle typische Determination der Größe, Richtung und Art dieses Geschehens, die allein zu typischen Gestaltungen führt, kann vorerst nur auf komplexe Faktoren der Zellen zurückgeführt werden. [112])

Die Wirkung von Hunger und von reichlicher Fütterung auf die Zellstruktur wurde von Barfurth, Eug. Schultz resp. R. Hertwig u. a. studiert. Schließlich wurde auch unternommen, den Energieverbrauch bei der tierischen Entwickelung zu bestimmen (F. Tangl), nachdem dasselbe bereits von W. Pfeffer für Pflanzen begonnen war.

Alle die vorstehend erwähnten Versuche beziehen sich auf die Ursachen derjenigen Periode der Entwickelung, welche oben (S. 8) a potiori als „Periode der Organanlage" bezeichnet worden ist. Viel weniger wurde über die ihr folgende Periode der feineren funktionellen Ausgestaltung etc. des Angelegten durch die Wirkung der Funktion experimentell gearbeitet. Diese Periode ist von jeher das Stiefkind der Anatomen und Physiologen gewesen; fast alle Kenntnisse über sie verdanken wir den Ärzten und Pathologen, wie auch über die ihr qualitativ zugehörige „funktionelle Anpassung" (s. H. Strasser [112a]) Nr. 5, Bd. I). Doch ist diesen beiden in letzter Zeit auch etwas experimentelle Pflege zugewendet worden. So wurde bezüglich der funktionellen Ursachen geweblicher Differenzierung der früher von His, mir und V. von Ebner nur vermutete Anteil der Wirkung mechanischen Zuges an der Gestaltung bindegewebiger Organe von O. Levy und Prof. Kaneko bei mir der experimentellen Ermittelung mit Erfolg unterzogen, und es gelang die Bildung einfacher typischer bindegewebiger Gebilde, der Sehnenbogen und Margines falciformes (funktionelle Implantation) künstlich zu veranlassen [113]) Anm.

Außerdem sind, wie früher schon, auch wieder von Pathologen und Klinikern von R. Thoma, Metschnikoff, Beneke, Ribbert, Marchand, Forsmann, Leo Löb, v. Hansemann, v. Saltykow, Féré, Birch-Hirschfeld, Garten, Galleotti, Stilling, v. Mikulicz u. a. gemachte Erfahrungen für uns von großer Bedeutung [114]) Anm.

Digitized by Google

Wenn wir den Inhalt dieser kausalen Erforschung des Typischen im allgemeinsten überblicken, so fällt zunächst auf, daß die von His auf deskriptive Weise inaugurierte Ableitung der Form von den Wachstumsgrößen fast gar nicht experimentell bearbeitet worden ist; sondern es sind von den meisten analytisch arbeitenden Forschern die oben entwickelten neuen Fragen und an sie Anschliessendes behandelt worden.

Am meisten ist aus den dargelegten Gründen zunächst die Ortsforschung, die Forschung nach dem Ort der Ursachen von Gestaltungen oder, in umgekehrter Fassung, die Erforschung des „gestaltenden Vermögens" eines örtlich bestimmten Teiles, also eines abgegrenzten Gebildes gepflegt worden. Auch die Zeit der expliziten Determination einiger Gestaltungen ist zu erforschen begonnen.

Außerdem wurde die Qualitätenforschung mit einigem Erfolg in Angriff genommen, also die Ermittelung der gestaltenden Wirkungsweisen durch die Ortsforschung erkannter gestaltender Faktoren und Komponenten.

Freilich muß noch fast alles in typischer Weise Determinierende auf komplexe Wirkungsweisen zurückgeführt werden, und fast nur die Ausführung des Determinierten und die Alteration desselben konnten bisher auf anorganische, sei es komplizierte oder einfache Wirkungsweisen zurückgeführt werden. Das ist aber naturgemäß, denn die typische Wiederholung beruht auf dem Vererbungsmechanismus, also auf der rätselvollen „morphologischen Assimilation" und auf quantitativ und qualitativ sehr genau bestimmtem Wirken der komplizierten Entwickelungsvorgänge.

Wenn die Frage nach Ort und Zeit erst weiter gefördert sein wird, dann werden wir, statt wie jetzt, meist nur von „Selbstdifferenzierung" und von „abhängiger Differenzierung im allgemeinen" zu reden, mit der Zunahme der Qualitätenerforschung mehr und mehr auch von dem differenzierenden Wirken selber, von ermittelten Wirkungsweisen und ihren Wirkungsgrößen zu berichten haben.

Digitized by Google

Das Allgemeinste der gewonnenen kausalen Erkenntnis der individuellen Entwickelung angehend erkannten wir, daß ein typisch sich wiederholendes Geschehen die Grundlage bildet, und daß dieses Geschehen gesetzmäßig sich vollzieht.

Solches Geschehen ist prinzipiell erklärbar, wenn wir es auch aus besonderen technischen Gründen: wegen Unsichtbarkeit, wegen Verlaufes im Kleinen ja im Kleinsten und wegen zu großer Komplikation selbst mit Hülfe des Experimentes vielfach im einzelnen nicht werden ermitteln können. Über solches Geschehen kann man rein mechanistische, rein physikalisch-chemische Theorien, sogenannte Maschinentheorien aufstellen. Und unserem Erkenntnistrieb wäre bei stetiger methodischer Arbeit auf diesem Gebiete, wenn auch keine Vollendung, so doch eine stetig fortschreitende und wenigstens prlnzipiell zureichende Einsicht und damit hohe Befriedigung verhießen.

Diese im voraus empfundene Befriedigung wird aber durch andere Forschungen, die uns eine große Gruppe andersartiger Tatsachen kennen gelehrt haben, in hohem Maße beeinträchtigt.

Teils schon bei den vorstehend erwähnten Versuchen, teils bei anderen Versuchen traten uns Ergebnisse entgegen, die einer solchen mechanistischen, maschinenmäßigen Ableitung wenig zugänglich zu sein scheinen, die auf wesentlich andere Arten des gestaltenden Wirkens hindeuten, als wir sie bisher besprochen haben. Das sind die Tatsachen der Selbstregulation.

Sie kennen von diesem Gebiete schon die Regeneration, welche bei niederen Tieren nach Verlust eines beliebigen Körperstückes wunderbarerweise genau so viel wieder bildet, als „zum Ganzen" fehlt. Auch die funktionelle Anpassung ist Ihnen bekannt, die Fähigkeit der Organismen durch Ausübung der Funktionen zu lernen, sich an die Vollziehung der Funktionen anzupassen (s. Nr. 5, Bd. I).

Diese Tatsachen und ähnliche, besonders die Anpassung an den Wechsel der äußeren Bedingungen veranlassten mich seinerzeit,

Digitized by Google

das Vermögen der Selbstregulation in allen Funktionen der Lebewesen, insbesondere auch in den Gestaltungsfunktionen den allgemeinen elementaren Eigenschaften (nicht aber als eine besondere Funktion, wie irrtümlich interpretiert worden ist) der Organismen hinzuzuzählen. Dies geschah, nachdem Pflüger solches Vermögen schon allgemein für die „Erhaltungsfunktionen" aber in quantitativ zu beschränkter Weise, nämlich als um eine feste Mittellage variierend eingeführt hatte[114a]) Anm. Diese Mittellage aber kann selber auch verschoben und angepaßt werden (s. Nr. 2a, 23a und 24).

Morphologische Selbstregulation bekundeten auch die Halbembryonen des Frosches, indem sie die fehlende Hälfte später noch unter von der typischen Entwickelung wesentlich abweichenden formalen Vorgängen nachbildeten (Postgeneration), sei es mit, sei es ohne Verwendung von Material der operierten Eihälfte (Roux)[115]) Anm. Chun beobachtete sehr späte Postgeneration bei Quallen.

Weiterhin ergaben die in dem letzten Dezennium angestellten Versuche viele neue, früher ungeahnte Regulationen. Einmal wurde durch sehr zahlreiche mit scharfsinniger Fragestellung angestellte Regenerationsversuche vieles Neue über die Arten und zum Teil auch über die inneren und äußeren Bedingungen der Regeneration erkannt, ein großes Gebiet, auf das wir hier nicht mehr eingehen können, über welches Barfurths klare, dem gegenwärtigen Stande der analytischen Forschung entsprechende Darstellung allen Interessenten zu empfehlen ist.[116]) Anm.

Es seien bloß der Nachweis einer Unabhängigkeit der Determination der Regenerationsgestaltung vom Central-Nervensystem bei Abhängigkeit vielleicht bloß des Verlaufs derselben, also der Ausführung des Determinierten von ihm durch Barfurth-Rubin, J. Löb, G. Wolff, Jodd, R. Goldstein, R. Monti, ferner die so viel Aufsehen erregende Regeneration der Linse des Auges statt von der Epidermis von der Iris aus (G. Wolff, Colucci, A. Fischel, Barfurth, Dragendorff, Fr. Reinke u. a.) sowie die wichtige analytische Beobachtung des Ausbleibens der Regeneration nach Auslösung der

Digitized by Google

Knochen in den Gelenken, also ohne Verletzung der Skeletteile (Fraisse, Wendelstadt, Morgan) und die Regeneration des Wadenbeins vom Schienbein aus (Marg. Reed.) erwähnt. Auch J. Forsmanns Beeinflussung der Sprossungsrichtung regenerierender Nerven durch neurotropisch wirkende Substanz (Gehirnsubstanz) stellt einen wichtigen kausalen Schritt dar[116a]). Die falsche Regeneration, die Heteromorphose (J. Löb, C. Herbst, Ariola u. a.) und besonders die Superregeneration werden wir unten noch flüchtig streifen.

Auch an die Vertauschung besonderer Unterschiede rechter und linker Gliedmaßen bei der Regeneration von Krebstieren (Przibram, Edm. Wilson, Zeleny) sei erinnert, sowie an den von C. M. Child unternommenen Versuch, einen einfachen physikalischen Faktor, Längsspannung als auslössenden Moment der Regeneration heranzuziehen. Ferner seien die Untersuchungen von Fl. Peebles, P. Hagen, N. M. Stevens u. a. über die Erhaltung resp. Nichterhaltung der Polarität der Stücke nach Überpflanzung in andere Organismen erwähnt.

Dagegen schließen sich die an Eiern und noch wenig entwickelten Keimen gewonnenen regulatorischen Versuchsergebnisse an die oben detaillierter mitgeteilten Ergebnisse über die denselben Phasen entsprechende typische Entwickelung innig an und scheinen sie wesentlich zu modifizieren.

Diese regulatorischen Forschungen gingen von Hans Driesch aus, der durch scharfsinnige Versuche viele neue Entdeckungen auf diesem Gebiete gemacht, es auch theoretisch durchgearbeitet hat und dabei allmählich zu einer teleologischen Auffassung gekommen ist.

Um nur das Wichtigste von allen diesen Tatsachen mitzuteilen, so ergaben zunächst, im Gegensatz zu den oben erwähnten Bestätigungen der zuerst am Froschei gewonnenen Resultate über die Leistungen isolierter erster Furchungszellen, die Wiederholungen der Versuche an nicht wenigen anderen Tieren ein ganz anderes Resultat. Dies jedoch nicht in dem Sinne, daß die isolierten ersten Zellen etwa nicht entwickelungsfähig gewesen wären, sondern in der Weise, daß aus einer einzelnen der beiden ersten Furchungszellen, also aus einer Furchungszelle vom Werte

Digitized by Google

eines halben Eies sogleich oder doch sehr bald ein ganzer Embryo produziert wurde. Dies ist von Driesch für Seeigel, von Wilson für Amphioxus, von Zoja und Maas für Medusen, von Morgan und E. Bataillon für einen Knochenfisch, von Endres, Herlitzka, Spemann für den Triton erwiesen[117]) Anm.

Indem nach der Ursache dieses überraschenden Ergebnisses gesucht wurde, konnten aus den Arbeiten der vielen Forscher in Verbindung mit den früher (S. 53) erwähnten Ergebnissen die nachstehenden allgemeinsten Folgerungen abgeleitet werden:

1. Es gibt reife Eier: der Amphibien, Seeigel, der Quallen, der Schnecken (Ilyanassa, Dentalium, Patella), der Würmer (Nemertinen), die nach der Befruchtung bereits derartig in ihrem Dotter differenziert sind, daß die durch Selbstteilung hergestellten Furchungszellen (bei einigen auch kurz vorher mechanisch hergestellte größere Teilstücke) sich zu Embryoteilen entwickeln, welche der Lage und Größe des verwendeten Teilstückes des Eies zum ganzen Ei der Hauptsache nach entsprechen[118]) Anm. Bei diesen Tieren sind bereits die ersten Furchungszellen in ihrem typischen Entwickelungsvermögen ungleichwertig, also spezifiziert.

2. Andere reife Eier sind in ihrem Dotter noch so indifferent, daß jede, ein halbes, (ev. auch Viertel- oder Achtel-) Ei darstellende Furchungszelle nach der Isolation sogleich einen ganzen, natürlich entsprechend kleineren Embryo bildet (Medusen, Amphioxus, Fundulus, Leuciscus). Die ersten Furchungszellen dieser Tiere scheinen somit in ihrem typischen (?) Entwickelungsvermögen gleichwertig und zwar totipotent zu sein.

3. Von einigen anderen Eiern (Amphibien) ist erwiesen (und dasselbe ist bei manchen anderen vielleicht auch möglich), daß eine der beiden ersten Furchungszellen je nach der Anordnung ihres Dotters (Cytoplasmas) einen Halbembryo oder sogleich auch mehr, bis zu einem Ganzembryo hervorbringen kann. Bleibt die typische Halbeigestalt der Zelle und besonders die ihr entsprechende Dotteranordnung der Hauptsache nach erhalten, so entsteht ein Halbembryo (Roux)[119]) Anm. Wird die Dotteranordnung der Furchungszelle durch mittlere Umschnürung

Digitized by Google

des Eies (Endres, Herlitzka, Spemann) oder durch Umkehrung desselben (Schultze, Morgan[120]) der Hauptsache nach ähnlich derjenigen eines ganzen Eies, so veranlaßt diese Dotteranordnung (Roux[120a]), Morgan, Wetzel, K. Heider, R. Hertwig) sogleich eine Ganzentwickelung, welche direkt (nicht erst durch Postgeneration einer vorher fehlenden Hälfte) einen Ganzembryo produziert.

Furchungszellen, welche bei der Isolation ihre Gestalt und damit (oder andererseits auch trotz Erhaltung des Hauptsächlichen der Gestalt aus anderer Ursache) ihre innere Dotteranordnung geändert haben, stellen also wesentlich neue Gebilde mit neuem, ihnen vorher nicht innewohnendem Gestaltungsvermögen dar. Wenn solche Änderung geschah, oder auch wenn durch den Defekt frühzeitige Postgeneration ausgelöst wird, erfahren wir also aus den gestaltenden Leistungen dieser isolierten Zellen nichts über das ihnen „typischerweise" eigene „Gestaltungsvermögen", das sie in bezug auf sich selber haben, über ihr typisches Selbstdifferenzierungsvermögen, welches sie bekunden würden, wenn ihre Isolation ohne jede Umordnung der Dottersubstanzen gelungen, oder wenn die Postgeneration ausgeblieben wäre (s. S. 44 und Nr. 79). Wir können daher diese uns nicht bekannt gewordene „typische Einzelleistung" auch nicht mit der im typischen Verbande stattfindenden Leistung vergleichen, um etwa aus einem Unterschiede beider einen Schluß auf einen bei der Isolation stattfindenden Wegfall typischer differenzierender Wirkungen abzuleiten, welche die Furchungszellen vielleicht bei manchen Eiern in diesem Verbande aufeinander ausüben[121]) Anm. [125]) Anm. u. S. 69.

Es ist als möglich anzunehmen, daß bei manchen Eiern, z. B. denen der Gruppe 2, die zur Entwickelung von Embryohälften (bezw. -Vierteln, -Achteln) ausreichende spezifische Dotteranordnung jeder der beiden (der vier oder bei einigen Eiern auch der acht) ersten Furchungszellen sehr gering ist, und daß daher eine bei der Isolation dieser Zellen stattfindende geringe und für uns nicht wahrnehmbare Dotterumordnung, gleichwohl die

Digitized by Google

zureichende Alterationsursache darstellt, daß aus der isolierten Zelle statt eines Halb-, Viertel- oder Achtel-Embryo ein ganzer Embryo entsteht.[122]) Anm. Das ist wenigstens als möglich anzunehmen; wir können es aber zur Zeit nicht verifizieren. Daneben ist die andere von Driesch aufgestellte Auffassung zu erwähnen, daß die ersten Furchungszellen dieser Tiere in ihrer Struktur zwar nicht vollkommen gleich aber nur unwesentlich verschieden und daher äquipotent seien. Dabei ist angenommen, daß die „Teilchen des Eiplasmas eine polar-bilaterale Orientierung haben" und daß an jedem entwickelungsfähigen isolierten Teile die überwiegenden Richtungen aller dieser Orientierungen die Hauptrichtungen des Tieres bestimmen[122a]). Die Isolation an sich ist dabei ohne Weiteres die zureichende Ursache, daß aus dem Stücke ein Ganzes gebildet wird. Diese Auffassung ist zur Zeit gleichfalls nicht direkt beweisbar. Andererseits aber kann auch bei typischer expliziter Verschiedenheit der beiden ersten Furchungszellen die Isolation derselben (oder ev. eines anderen Stückes des Eies, s. Nr. 115 und 123) die Ursache der Produktion eines Ganzen sein, sofern die isolierte Zelle oder ein künstlich abgegrenzter Teil des Eies nicht ganz der Selbstdifferenzierung fähig ist. Dann wirkt die Isolation „störend" und weckt daher die Regulationsmechanismen sei es sogleich oder später, je nach dem früheren oder späteren Eintritt der aktuellen Störung, also spätestens nach dem Ablauf der Selbstdifferenzierung des Teiles oder nach der Miteinwirkung sonstiger störender, schädigender Momente und je nach der Dauer des Latenzstadiums von der Störung bis zur Reaktion.

Weiterhin ist damit zu rechnen, daß es außer dem bisher besprochenen, durch Selbstdifferenzierung vieler Zellen charakterisierten typischen Entwickelungsmodus noch eine andere typische, vielleicht bei den Medusen und Amphioxus vorkommende Art der Entwickelung gibt, die ohne oder mit nur sehr wenig oder erst später eintretender Selbstdifferenzierung von Teilen und dagegen mit längerer Zeit anhaltender, hochgradig vom Ganzen abhängiger Differenzierung der Teile verläuft[123]) Anm. Bei diesem Modus könnten die ersten Zellen wohl auch noch

Digitized by Google

erst weniger von einander verschieden sein als beim anderen Modus und könnten daher bei Isolation auch leichter und rascher noch sich zu einem Ganzen entwickeln, sei es schon infolge nur sehr geringer bei der Isolation stattfindender Umänderung ihrer Anordnung oder weil hier die „Störung" sogleich eintritt und außerdem die Regulation auch nur sehr gering zu sein braucht.

Diese Fragen können zur Zeit nur formuliert nicht entschieden werden. In den mitgeteilten Tatsachen aber haben wir fundamentale gestaltende Wirkungen des Dotters auf die Determination der Hauptgestaltungen erkannt, die auf deskriptivem Wege, also durch Beschreibung des normalen Bildungsgeschehens nie hätten ermittelt werden können. Wie diese verschiedenen Arten des Gestaltens nun aber in ihrer Determination und Realisation bewirkt werden, das wird Gegenstand vieljähriger Forschungen werden; und wir werden dabei jedenfalls viel neue Erkenntnis gewinnen, Erkenntnis, deren Art heute noch gar nicht zu vermuten ist.

Da wir also bei einigen Tieren nach Belieben aus einem Ei zwei ganze Lebewesen machen, also auch zwei Gehirne statt eines hervorgehen lassen können, so entstehen aus einem Gebilde, welches nur für die Bildung eines einzigen „zwecktätigen" Organes, einer Seele angelegt ist, durch unser Eingreifen zwei solche Organe. Und es liegt kein Grund vor, daran zu zweifeln, daß, wenn wir solche künstliche Zwillingspaare ganz aufziehen, sich in jedem derselben die Äußerungen eines ganzen, nicht eines halben Seelenlebens zeigen werden, gleich wie in den aus einem Ei stammenden Zwillingen des Menschen, von denen wir zurzeit annehmen (aber doch nicht so bestimmt wissen, wie hier im Experiment), daß die Doppelbildung nicht von vornherein angelegt war. Es kann demnach die Bildung von zwei Seelen aus einem bloß für die Bildung einer Seele angelegten Materiale von uns künstlich veranlaßt werden, gewiß ein interessantes Problem auch für die Seelenforschung.

Andere überraschende neue Tatsachen kamen dazu, so die von Spemann entdeckte Entstehung von Doppelbildungen durch

Digitized by Google

tiefe Einschnürung auch noch auf der Stufe der Keimblase oder der Gastrula in ihrer Mitte, also durch annähernde Isolation von Keimhälften auf relativ späten Entwickelungsstufen, ferner im Gegensatz dazu die Beobachtung von Verschmelzung von Eiern zu einem Ei mit nachfolgender Bildung eines einfachen Embryo, aber von Riesengröße an einer Meduse und an einem Wurm durch Metschnikoff, Sala und zur Strassen, und sogar die künstliche Verschmelzung schon bis zur Keimblase entwickelter Seeigel durch Driesch und Morgan, gleichfalls mehrfach mit dem Effekt der Bildung eines einfachen Riesenembryo.

Diese Ergebnisse beweisen im Gegensatz zu den unseren von der Selbstdifferenzierung vieler Zellen in typischen Verhältnissen, daß in atypischen Verhältnissen die Gesamtformation über den Teilen steht und die Entwickelung dieser bestimmt und beherrscht, sofern die Abweichung der Gestaltung von dem Typischen eine ausreichend große und entsprechend geartete ist. Andererseits aber hatte ich, wie oben S. 46 erwähnt ist, vordem gefunden, daß viele immerhin hochgradige Deformationen der Eier und Embryonen, welche nicht das Ganze so tief teilen, also die Teile auch nicht so stark voneinander sondern und nicht so in sich runden und zentrieren, keinen augenfällig alterierenden Einfluß auf die schließlichen Resultate der Entwickelung ausüben, daß im Gegenteil die Formbildung dabei so typisch gestaltete Produkte lieferte, als wenn der entwickelte Embryo erst nachträglich deformiert worden wäre. Dasselbe ergab sich auch noch, wenn Seeigel-Eier auf frühem Stadium zu einer bloß einschichtigen Zellplatte (Driesch) und sogar, wenn die jungen Keime von Medusen (Maas) zu einer einreihigen Zellenschnur deformiert waren. Diese letzteren Zellen ordneten sich aber selber wieder zu einem einheitlich entwickelungsfähigen Keim zusammen. Also nur bei bestimmter, tiefteilender und wohl wie bei den ersten Furchungszellen die Teile stark abrundender und so in sich zentrierender Deformation entstehen durch die Deformation auch auf der Stufe der Blastula und Gastrula noch Doppelbildungen, s. Nr. 118.

Wir können aus diesen Ergebnissen der typischen und atypischen Entwickelung als Allgemeinstes die Sätze ableiten:

Digitized by Google

Unter typischen Verhältnissen entwickeln sich bei vielen Tieren erwiesenermaßen die ersten Furchungszellen und die Komplexe ihrer Nachkommen in hohem Maße selbständig; und auch viele spätere einzelne Zellen haben ein, wenn auch wohl nur geringeres Selbstdifferenzierungsvermögen.

Werden erhebliche „Störungen" der typischen Verhältnisse, besonders durch hochgradig „teilende" Deformationen oder durch Defekte veranlaßt, so wird die Selbständigkeit der Entwickelung der Zellen vermindert, ja aufgehoben (s. Nr. 5, II, S. 894). Es finden differenzierende Wirkungen vieler oder aller Zellen in einer vom vorhandenen Ganzen und von der Lage jeder Zelle in ihm abhängigen Weise statt; die Teile gelangen unter die determinierende Wirkung großer Teile resp. des Ganzen, die nun eine regulierende ist.

Die sorgfältige weitere Verfolgung dieses Unterschiedes, ja Widerstreites wesentlich verschiedener Entwickelungsarten bis an die Grenze ihres annähernden Gleichgewichtes verspricht uns manche neue Einsicht.

Im Sinne dieser Aufhebung der Selbständigkeit des formalen Lebens der Teile und des Eintrittes eines formalen Gesamtlebens bei erheblichen Störungen wird nun auch ein früher von mir beobachtetes elektrisches Verhalten der Morula und Blastula des Frosches bedeutsam und verständlich.

Ich hatte gefunden, daß die Morula und Blastula des Frosches, wenn sie in einer die Elektrizität leitenden Flüssigkeit liegend und ohne von einer Elektrode berührt zu werden, mit dem Gleich- oder Wechselstrom durchströmt werden, je nach ihrer Lebensenergie zweierlei Verhalten zeigen:

Sind diese Keime noch frisch lebenskräftig, so sieht man, daß jede einzelne in der Oberfläche des Eies liegende Zelle je nach ihrer Lage ein oder zwei sichtbar veränderte „Polfelder" ausbildet und einen unveränderten Teil, den „Äquator" behält. Sind die Keime aber stark geschwächt, nahe dem Absterben, so reagieren sie nur noch als Ganzes, also wie das ungeteilte Ei, d. h. das Ganze bildet zwei große

Digitized by Google

Polfelder, von denen jedes aus vielen in toto veränderten Zellen besteht, und behält zwischen diesen Feldern einen großen unveränderten, gleichfalls aus vielen Zellen bestehenden Äquator. Bei minderer Schwächung erhalten wir Zwischenstufen. Dieses rätselhafte Verhalten konnte ich seinerzeit bloß so weit analysieren, daß ich erkannte: Die Zellen der lebenskräftigen Keime sind durch eine wie ein Elektrolyt sich verhaltende, also nicht organisch gebundene resp. beschäftigte Substanz getrennt; bei Störungen aber wird diese Trennung teilweise resp. ganz aufgehoben. (Nr. 5, II, S. 762.) Dies paßt nun zu den eben mitgeteilten neuen Ergebnissen der entwickelungsmechanischen Forschung, denn es besagt wie diese: Unter typischen Verhältnissen sind die Zellen relativ selbständig, bei Störungen wird diese Selbständigkeit, nämlich hier ein diese Selbstandigkeit herstellendes Mittel, aufgehoben.

Damit haben wir vielleicht einen ersten kleinen Schritt auf der Bahn zur Erkenntnis der Vermittelung regulatorischer Wirkungen unter den Zellen des jungen Keims getan. Wir müssen nun weiterhin unter Anwendung der von mir erfundenen Methode, jeden beliebigen Körper seiner „Gestalt" entsprechend in toto elektrisch reaktionsfähig zu machen (Nr. 5, II, S. 703), prüfen, ob ein in regulatorischer Tätigkeit befindlicher Keim auch schon deutlich erkennbar elektrisch wie ein einheitlicher Körper von gleicher Gestalt reagiert. Wir müssen also nach dem oben erwähnten Prinzip der „Kombination verschiedenartiger Versuche zur Lösung einer kausalen Frage" hier nun z. B. tiefe Einschnürung der Morula mit intraelektrolytärer Elektrisation derselben in geeigneter Richtung verbinden. Vielleicht wird bei der durch diese Deformation geweckten Regulation die „Einheitlichkeit" so stark, daß sie elektrisch nachweisbar ist.

Die „Determination" der Gestaltung bei den atypischen Vorkommnissen: Verschmelzung von Eiern, Entwickelung von Teilstücken der Eier zu Ganzbildungen, Entstehung von Doppelbildungen durch Einschnürung noch auf dem Stadium der Gastrula etc., beruht nach dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse in

Digitized by Google

erster Linie auf Beeinflussung und Wirkung des Eiplasmas nicht des Zellkerns (Driesch, Roux, Boveri, Fischel, Edm. Wilson u. a.). Diese Wirkungen desselben sind vielleicht bloß so lange möglich, als das Plasma der späteren Zellen noch wenigstens teilweise die anfänglichen determinierenden Eigenschaften hat. Das Plasma besorgt also die Determination, besonders wohl der „allgemeinsten" Gestaltungen[124]) Anm. Aber an der speziellen „Art der Ausführung" des Determinierten hat wohl auch der Zellkern wesentlichen Anteil, so z. B. wohl daran, daß auf der Kopfseite des Eies ein Froschkopf oder ein Hühnerkopf entsteht. Wir schließen dies aus mannigfachen Gründen, auf welche hier aber nicht mehr eingegangen werden kann.

Die Wirkungsweisen der Regulationsgestaltungen sind natürlich viel komplizierter und daher auch schwerer zu ermitteln als die typischen Vorgänge, und ihre Ermittelung kann mit Aussicht auf Erfolg überhaupt erst nach annähernder Ermittelung des typischen Geschehens erfolgen. Die „spezielle" Erklärung der gestaltenden Regulationsvorgänge ist also auf lange Zeit zu vertagen. Aber die mechanistische Erklärbarkeit derselben wollen wir hier noch diskutieren und darzulegen suchen, um der weiteren exakten Forschung wenigstens prinzipielle Hindernisse aus dem Wege zu räumen.

Bevor wir dieses tun und dabei die allgemeinsten Folgerungen aus der Gesamtheit der bisher gewonnenen Ergebnisse ableiten, sei es gestattet, mit einem Blick die Änderung zu betrachten, welche die zoologische entwickelungsgeschichtliche Literatur durch die neue Forschungsrichtung bereits erfahren hat.

Am Anfang der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts herrschten die rein deskriptive und vergleichende ontogenetische Forschung unumschränkt, sie stellten überhaupt die entwickelungsgeschichtliche Literatur dar.

Von den oben erwähnten, vereinzelten früheren experimentellen Arbeiten wußte fast niemand etwas, und es wurde geistig nichts daraus gemacht und nichts damit angefangen; selbst Dareste's großes Werk (Nr. 20), das Resultat vieljähriger Arbeit, blieb zunächst

Digitized by Google

ohne Wirkung, weil es nicht analytisch war und daher nur wenig bestimmte kausale Folgerungen ableitete. Es blieb reine Teratologie, während wir die analytische Teratologie dazu verwenden, aus ihr kausale Folgerungen für die normale, ja für die typische Entwickelung abzuleiten. His' Arbeit und Bestrebung wurde damals fast nur angefeindet und verspottet.

Balfours 1881 erschienenes ausgezeichnetes Werk über die vergleichende Entwickelungsgeschichte faßt das deskriptiv entwickelungsgeschichtliche Wissen jener Zeit zusammen und spiegelt den Geist dieser Zeit wieder. In diesem Werk kommen nur einige spezielle kausale Vermutungen, die besten Falls auf vergleichendes Material gestützt waren vor; das beste Beispiel davon, die Ableitung der nur partiellen Furchung des Eies von der großen Anhäufung von Nahrungsdotter, habe ich von Anfang an herangezogen und später auf Grund von vorkommenden Varietäten bestätigt (Nr. 5, II, S. 31).

Jetzt dagegen nimmt die „experimentelle Embryologie" in ihren verschiedenen Arten des Experimentierens (s. S. 27), deren gemeinsames höchstes, aber von manchen Mitarbeitern noch nicht in seiner wahren Bedeutung erkanntes Ziel die Entwickelungsmechanik ist, einen großen und die allgemeine Aufmerksamkeit erregenden Teil der zoobiologischen Literatur ein[125]) Anm.; [126]) Anm.; [127]) Anm.

Denn die mitgeteilten sowie die nur angedeuteten und die hier nicht genannten, in der kurzen Zeit von noch nicht zwei Dezennien errungenen Ergebnisse der vielen angeführten und anderen Forscher sind überaus ansehnlich. Sie erinnern in ihrem Reichtum, in ihrer Mannigfaltigkeit und hohen Bedeutung an die Periode des Aufschwunges der analytischen Forschung der Physik im 17. resp. 18. Jahrhundert und der Chemie im vorigen Jahrhundert, sowie an das plötzliche Aufblühen der vorher wenig gepflegten Histologie nach der Verbesserung des Mikroskopes oder der vergleichend-anatomischen Forschung nach der neuen Aufstellung und Begründung der Deszendenzlehre. Der erleichterte wissenschaftliche Verkehr der Nationen hat zugleich die rasche Ausbreitung der neuen Forschungsweise ungemein gefördert.

Digitized by Google

Ziehen wir schließlich die allgemeinsten Folgerungen aus den Tatsachen, so hat die experimentelle Forschung uns zwei wesentlich verschiedene Entwickelungsmöglichkeiten kennen gelehrt: die typische und die regulatorische. Erstere tritt bei typischer Beschaffenheit des Keimplasmas und beim Fehlen störender äußerer Einwirkungen ein. Sie führt auf einem für jede Spezies feststehenden Wege zur Bildung typischer Zwischenprodukte und typischen Endproduktes. Bei vielen Tieren verläuft sie mit Selbstdifferenzierung großer und kleiner Teile; doch wurde vermutet, daß bei anderen Tieren vielleicht die Teile länger und in höherem Grade in ihrer Gestaltung vom Ganzen abhängig sein können.

Die regulatorische Entwickelung ist dadurch charakterisiert, daß sie bei Abweichungen vom typischen Entwickelungsverlauf, die durch atypische Beschaffenheit des Keimplasmas oder durch störende äußere Einwirkungen veranlaßt worden sind, derartig wirkt, daß die Gestaltung früher oder später noch ganz oder teilweise zum Typischen zurückgeführt wird, sowie daß sie dem bereits mehr oder weniger „Entwickelten" zugefügte Defekte ersetzt.

Beide Arten der Entwickelung haben Veranlassung gegeben, daß die rein mechanistische Erklärbarkeit ihres Geschehens in Zweifel gezogen, ja als unmöglich hingestellt worden ist. [128]) Anm.; [129]) Anm.

In den Augen mancher Biologen haftet besonders den vielen neu ermittelten regulatorischen Tatsachen bei unserer noch überaus geringen Einsicht der Anschein teleologischen, von einem „zwecktätigen Agens" ausgehenden gestaltenden Geschehens an. Deshalb ist die Vorstellung vom maschinenartigen Verlaufe der Entwickelung der Organismen in letzter Zeit sehr erschüttert worden. Die Beachtung und Bewertung selbst des typischen Bildungsgeschehens ist bei manchen Forschern dadurch fast bis zur Mißachtung gesunken. Einige Autoren (s. Nr. 121, 123) geben gar nicht zu, daß es überhaupt typisches Gestaltungsgeschehen in dem oben bezeichneten Sinne der Selbstdifferenzierung von Zellen und Zellkomplexen gibt, so daß es also auch die von vielen Forschern erhal-

Digitized by Google

tenen Halbembryonen aus halben Eiern nicht geben könnte. Sie behaupten, alles Gestaltungsgeschehen des Keimes und Embryos beruhe auf Wechselwirkung „aller" Teile und alles, auch das typische Geschehen sei regulatorisch. Daraus wird dann die Folgerung abgeleitet, außer dem atypisch-regulatorischen sei auch das typische organische Gestaltungsgeschehen prinzipiell nicht mechanistisch erklärbar. Die organischen Gestaltungen seien nur unter Annahme einer „zwecktätig gestaltenden Potenz" voll zu erkennen und richtig zu würdigen. Unsere rein mechanistischen Bestrebungen wären demnach prinzipiell unzureichend.

Die gestaltenden organischen Regulationen wären alsdann auch keine „Selbstregulationen" des „materiellen Gebildes", wie wir sie gedeutet haben, sondern sie wären Vorgänge, welche durch das Eingreifen einer heterogenen, seelischen Potenz bewirkt würden, für welche von den Autoren aber die verschiedensten, den seelischen Kern möglichst verdeckenden Bezeichnungen gewählt werden[130]).

Ich teile diese Auffassung nicht, bin aber nicht mehr in der Lage, dieses schwierige Problem mit seiner in letzter Zeit sehr angeschwollenen Literatur hier noch eingehend zu behandeln, sondern werde mir nur erlauben, meinen eigenen Standpunkt zu bezeichnen. Außerdem sei auf die bezügliche Darlegung O. Bütschlis verwiesen[130a]).

Da ich nicht glaubte, daß in den organischen „Gestaltungen" und deren Regulationen „wirkliche Zweckmäßigkeiten", also Produkte einer zwecktätigen Potenz vorliegen, suchte ich seinerzeit zunächst eine objektivere Auffassung von den sogen. „zweckmäßigen" Eigenschaften zu gewinnen. Es schien mir, daß alles sogen. Zweckmäßige in den Gestaltungen und sonstigen körperlichen Leistungen der Organismen Beziehung zu ihrer Erhaltungs- oder Dauerfähigkeit hat, indem es diese herstellt oder die schon vorhandene Fähigkeit erhöht; so identifizierte ich beide für den Naturforscher und ersetzte die teleologische Bezeichnung Zweckmäßigkeit durch den objektiveren Namen Dauerfähigkeit resp. Erhöhung der Dauerfähigkeit oder Dauerförderung (ohne aber bisher viel Anklang damit gefunden zu haben). [131]) Anm.

Digitized by Google

Bezüglich des Forschungsganges ist ferner zu betonen, daß es wohl nicht der richtige Weg ist, wie manche dieser teleologisch denkenden Autoren es tun, die Erforschung des jedenfalls sehr komplizierten, in seiner Art noch fast ganz unbekannten Entwickelungsgeschehens mit dem Schwierigsten desselben, mit seinen Regulationen zu beginnen.

Solches Vorgehen ist so wenig zweckmäßig, als wollte man zuerst die vielfachen Selbststeuerungen in der Tätigkeit einer komplizierten Maschine für sich allein studieren, ehe man die Haupttätigkeit der Maschine selber erkannt hat. Wir müssen im Gegenteil demnächst wieder Experimente an solchen Lebewesen bevorzugen, bei denen die Regulationen möglichst gering sind und weder sehr rasch noch durch geringe Störungen aktiviert werden; das sind also die Tiere, welche Teilbildungen aus einzelnen Furchungszellen produzieren. Zu diesen gehören auch die höheren Wirbeltiere, wie wir aus den oben (S. 50) erwähnten Teilbildungen derselben ersehen. Auch ist fernerhin nicht mehr fast ausschließlich mit den frühesten Entwickelungsstadien zu arbeiten, an denen wir seinerzeit aus den angegebenen Gründen begonnen haben, sondern es ist, um erst die gestaltenden Korrelationen der „typischen" Entwickelung kennen zu lernen, mehr mit späteren embryonalen Stadien zu arbeiten, in denen die Regulationen schon geringer sind.

Zweitens ist auch auf dem Gebiete des Anorganischen in letzter Zeit durch A. Rauber und Przibram die Leistungsfähigkeit einer gestaltlichen Selbstregulation, der Regeneration der Kristalle des Genaueren bekannt geworden. Die Regeneration stellt also nicht etwas den Organismen Eigentümliches, etwas spezifisch Vitales, also nur durch „komplexe" Wirkungsweisen Mögliches dar.

Drittens möchte ich nicht unterlassen hervorzuheben, daß alle, auch die neuermittelten organischen Regulationen ihrer Art und Leistungsgröße nach in ganz bestimmte Grenzen gebannt sind, und daß sie außerdem keineswegs immer Zweckmäßiges, Dauerförderndes hervorbringen. Das beweist die Superregeneration (Barfurth). So zeigten Tornier,

Digitized by Google

Barfurth, Marg. Red. u. a., daß wir durch bestimmte Art der Verletzung der Extremitäten (und zwar wieder durch tiefes Teilen und lange Erhaltung dieser Teilung, auch ohne Rundung (s. S. 71) manche Tiere nötigen können, mehrere überzählige Zehen oder Füße zu bilden, A. Fischel veranlaßte das Auge, eine zweite Linse zu produzieren, und Morgan, J. Loeb, Bardeen und van Duyne gelang es sogar, Tiere auf dem Wege der Regeneration resp. Heteromorphose zur Bildung von zwei Köpfen zu zwingen. Auch vermittelst der Postgeneration kann man statt bloßer Ergänzung die Hervorbringung unvollkommener Doppelbildungen veranlassen (Roux, Nr. 5, II, S. 516, Klaussner). Von C. Herbst wurde die Regeneration von Fühlern (Antennen, also von Tast- und Riechorganen) statt weggeschnittener Augen beobachtet [131a]).

Sofern die Regeneration und Postgeneration auf Leistungen einer Vernunft beruhen, so müssen wir in diesen Fällen mit Faust sagen: „Vernunft wird Unsinn, Wohltat Plage". Denn diese Gestaltungen sind überaus unzweckmäßige regulatorische Leistungen. Es sind Leistungen, welche statt auf zwecktätiges Geschehen deutlich auf mechanistisches Eingeschränkt- und Bedingtsein hinweisen.

Um als letztes noch ein Argumentum ad hominem anzuführen, so entspricht es nicht unserer Auffassung von einem zwecktätig gestaltenden Agens, daß gerade bei uns Menschen, die wir uns für die zweckmäßigsten und höchsten Lebewesen halten, das Regenerationsvermögen am geringsten von allen tierisch organisierten Lebewesen ist. Uns wächst kein abgetrennter Arm, auch kein Finger, kein Muskel nach; nicht einmal die Haut stellt sich in normaler Weise wieder her, sondern heilt nur unvollkommen unter Narbenbildung. Bei den Tritonen aber geschieht diese Bildung in vollkommener Weise. Gerade bei uns Menschen ist die ganze Entwickelung in hohem Grade, vielleicht am meisten in typische Bahnen gebannt, am „festesten mechanisiert" (Nr. 5, II, S. 815).

Dagegen ist die funktionelle Anpassung, das Vermögen körperlich und geistig zu lernen und sich auch in der strukturellen Organisation an neues Funktionieren anzupassen bei dem Menschen

Digitized by Google

am höchsten vorhanden. Darauf beruht das Spezifisch-Menschliche, die große und vielseitige Fähigkeit geistig und körperlich zu lernen.

Diese wunderbare, direkt teleologisch erscheinende Regulationsfähigkeit aber habe ich, wenigstens, soweit sie Sichtbares gestaltet, rein mechanistisch erklärt (2a; 5 I, S. 216 u. f.). Daher haben wir auch keine Veranlassung, von vornherein, und ehe noch die typischen Entwickelungsvorgänge annähernd aufgeklärt sind, schon zu behaupten, die anderen regulatorischen Gestaltungsvorgänge wären überhaupt nicht mechanistisch erklärbar.

Auf Grund dieser Erklärung werden die Leistungen der funktionellen Anpassung jetzt von manchem (sogar von dem Teleologen Driesch), gar nicht mehr für etwas Besonderes gehalten, sondern einfach als Reizwirkung bezeichnet. Indem diese Autoren aber die anderen Regulationen als nicht mechanistisch erklärbar beurteilen, übersehen sie, daß wir vor 25—30 Jahren, als die feineren strukturellen funktionellen Anpassungen der Knochen (J. Wolff u. a.), Blutgefäße (Roux) etc. entdeckt waren, welche nicht von der „funktionellen Vermehrung der Blutzufuhr" ableitbar waren, vor dieser, jetzt „nur Mechanomorphose" genau ebenso vor einem Rätsel standen wie zur Zeit noch vor der Regeneration. Die Art der Lösung dieses Rätsels ist, wie mir scheint, in ihrem Allgemeinsten auch zur wenigstens prinzipiellen Lösung der Hauptprobleme der anderen Regulationen verwendbar. Wir wollen uns daher dieses Allgemeinste hier noch vorführen.

Die mechanistische Erklärung der funktionellen Anpassung besteht erstens in dem Nachweis, daß das Tausenden von verschiedenen Einzelfällen direkt sich anpassende gestaltende Geschehen im Wesentlichen doch nur ein zweifaches ist, indem in der oben (S. 8) unterschiedenen zweiten Hauptperiode der individuellen Entwickelung entweder jedes tätige Gewebe unter Wirkung der Funktion sich selber neu produziert (bezw. von seiner bestimmten Matrix aus produziert wird): Aktivitätshypertrophie, oder indem dauernd untätiges Gewebe nicht zum Ersatze ausreichend

Digitized by Google

assimiliert, also schwindet (oder nicht mehr ausreichend widerstandsfähig ist und von bestimmten Zellen zerstört wird): Inaktivitätsatrophie.

Diese beiderlei Wirkungen konnten in ihren neuentdeckten feinen Lokalisationen nicht, wie es früher geschehen war, von der mit der Funktionsvollziehung gewöhnlich verbundenen gesteigerten Blutzufuhr, der „funktionellen Hyperämie" resp. von deren Fehlen abgeleitet werden. Wohl aber gelang die Ableitung von dem gleichfalls rein mechanistischen Geschehen, daß der funktionelle Reiz (resp. bei den Muskeln die aktive Vollziehung der Funktion) zugleich auch die gestaltliche Anbildungsfähigkeit, die Neubildung jedes Gewebes, ev. in grösserem als dem zur ausgeübten Funktion nötigem Maße, also bis zur Überkompensation anregt und auch seine Selbsterhaltungsfähigkeit, seinen Turgor gegen Druck der Nachbarn etc. steigert (Prinzip der trophischen Wirkung der funktionellen Reize)[132]) Anm., während andererseits beim Fehlen dieser Reize (oder der Tätigkeit selber) die Selbsterhaltungsfähigkeit der Gewebe vermindert wird. Dieses Reiz-Prinzip war schon von R. Virchow für die Pathologie aufgestellt; es wurde hier bloß weiterhin angewandt. Die Lösung der Hauptaufgabe bestand in der Erkenntnis, daß mit diesen zwei allgemeinen Gestaltungswirkungen alle die wunderbaren, verschiedenartigen, sogenannten zweckmäßigen gröberen Gestaltungen und feinen Strukturen der direkten Anpassung an neue funktionelle Verhältnisse hergestellt werden können, und in dem speziellen Nachweis, auf welche Weise dieses in den verschiedenen Organen möglich ist. Diese Möglichkeit kann hier nicht im einzelnen dargelegt werden. Sie beruht im allgemeinsten darauf, daß in jedem besonderen Falle von neuer Gebrauchsweise eines Organs, „die in loco vorhandenen materiellen Bedingungen" bei dieser angenommenen Reaktions-Eigenschaft der „Gewebe" derartig wirken, daß (NB. bei dem gleichzeitigen Fehlen anderer Bildungs- resp. Erhaltungsreize) in ausreichender Zeit eine der Funktionsweise angepaßte Struktur resp. Gestalt des Organes ent-

Digitized by Google

stehen muß: „Prinzip der direkten Selbstgestaltung des Zweckmäßigen.“

So wird, um wenigstens ein Beispiel anzuführen, in einem gebrochenen und stark schief zusammengeheilten Oberschenkelknochen die ganz neue Struktur, welche der jetzt stattfindenden einseitigen Biegungsbeanspruchung des Knochens nach der hohlen Seite desselben hin angepaßt ist, infolge der trophischen Wirkungsweise der funktionellen Reize durch die neue Biegungsbeanspruchung selber ausgebildet. Letztere findet wegen der schiefen Stellung der Knochenteile zueinander mit Notwendigkeit statt, weil sich Druck und Zug nun in der entsprechenden Weise im Knochen fortpflanzen. Diese Beanspruchung veranlaßt an den Stellen unzureichender Festigkeit, also stärkerer Spannung der Knochensubstanz Anbildung von Knochensubstanz und zwar bis zu etwas höherem Maße, als zum Widerstande gegen die Stärke der Beanspruchung daselbst ausreicht. So wird Widerstand an den Stellen stärksten Druckes und Zuges geschaffen, und zugleich werden durch das Übermaß der Bildung an diesen Stellen die Stellen geringeren Druckes mehr und mehr entlastet, also ihres die Lebensfähigkeit und Widerstandsfähigkeit erhaltenden Reizes beraubt. Somit wird auch durch Entfernung des nicht mehr zur Dauerfähigkeit Nötigen die neue Struktur allmählich bis in das Feine ausgearbeitet und ist schließlich nach genügender Zeit, und sofern keine sonstige gestaltende Wirkung stattfindet, nur noch den Richtungen stärkster Funktionierung angepaßt. (Genaueres siehe Nr. 5 I und 23a.)

Gehen wir nun zur Regeneration von Defekten über, so bildet jedes Lebewesen zwar nur ihm selber, seiner „Art“ nach Entsprechendes, aber wunderbarer Weise das dem entwickelten Gebilde zum ideellen Ganzen „Fehlende“. Da wir indess Gründe haben anzunehmen, daß in vielen, insbesondere aber in den an der Regeneration beteiligten Zellen noch indifferentes Keimplasma, welches das ganze Lebewesen im unentwickelten Zustande, also implizite repräsentiert, vorhanden ist (C. Weigert, A. Weismann, W. Roux), so braucht in der Regeneration nicht, wie man geglaubt

Digitized by Google

hat, das metaphysische Problem vorzuliegen: wie aus einem Stücke eines nicht mehr vorhandenen entwickelten ganzen Individuums dieses Ganze sich wieder herstellen kann. Sondern es braucht das Problem nur dasjenige zu sein: wie unter Mitwirkung des „unentwickelten Ganzen" ein „Stück des entwickelten Ganzen" wieder in entwickeltem Zustande ergänzt werden kann. Dabei bestimmt jedenfalls das vorhandene Entwickelte, was aus dem unentwickelten Ganzen „explizite" darzustellen ist. Diese Ableitung ist fast ganz unbeachtet geblieben (Nr. 101 a). Sie enthält im einzelnen des Geschehens selber noch ein großes aber doch nur rein mechanistisches Problem. Sie nötigt uns anzunehmen, daß bei den regenerationsfähigen Lebewesen durch eine Störung des „entwickelten" Individuums gestaltende Wirkungen in dem Reserve-Keimplasma der entwickelten oder der noch indifferenten Zellen geweckt werden, welche zur Wiederherstellung des entwickelten Ganzen führen. Diese Wiederherstellung kann nach den deskriptiven Beobachtungen in dreierlei, durch Übergänge verbundenen Weisen geschehen: Einmal unter einfachem Anschluß des neu zu Bildenden an das vorhandene und nur am Defekrande sichtbar veränderte entwickelte Stück. Das ist die am längsten bekannte Regeneration „durch Sprossung". Zweitens unter Umgestaltung des ganzen noch vorhandenen Stückes nach Nußbaum u. a. (Regeneration durch „Umordnung und Umdifferenzierung" von Zellen, Roux, Morphallaxis, Morgan). Drittens nach Einschmelzung und anscheinend vollständiger Rückbildung, Entdifferenzierung der expliziten Gestaltung unter Neubildung des Ganzen vom Grunde aus. Dieser Modus ist von Driesch bei der Ascidie Clavellina beobachtet und wird jedenfalls auch durch Wirkung des erhalten gebliebenen Keimplasmas vermittelt[132a]).

Alles dieses Geschehen weist auf rätselvolle gestaltende Korrelationen zwischen dem Entwickelten und den noch impliziten Bestandteilen, auf Korrelationen hin, die bei Störungen der typischen Struktur des ersteren aktiviert werden, die aber auch bei der typischen Entwickelung schon beteiligt sein können. [133]) Anm., [133a]) Anm., [133b]) Anm.

Digitized by Google

Bei den experimentellen Störungen der Anordnung der Zellen liegt gleicherweise nicht das Problem vor, wie aus einem gestörten Entwickelten das nicht mehr existierende Typische wieder hergestellt werden kann, sondern nur, wie unter Mitwirkung des noch im unentwickelten Zustande vorhandenen Typischen atypisch gemachtes Entwickeltes wieder zum Typischen umgestaltet oder bei der weiteren Entwickelung typisch ausgestaltet werden kann. Das ist ebenfalls ein rein mechanistisches Problem, in dem nichts „prinzipiell" Unerklärliches liegt. Denn in allen diesen abnormen, die Regulationen weckenden Verhältnissen ist die Art der abnormen Veränderung selber zugleich die zureichende determinierende Ursache der Besonderheit der zu ihrem Ausgleich nötigen regulatorischen Leistungen. Insofern ist die Regulation hier in derselben Weise bedingt, wie die funktionelle Anpassung.

Vielleicht noch schwieriger als vor etwa drei Dezennien die Erklärung der neuentdeckten feinen strukturellen funktionellen Anpassungen der Knochen, Blutgefäße etc. erscheint jetzt vielen eine mechanistische Ableitung der in letzter Zeit entdeckten chemischen Selbstregulationen, der Bildung mehrerer verschiedener Gegengifte (Antitoxine), auf welcher Bildung die natürliche und künstliche Immunisierung des tierischen Organismus gegen ebenso viele verschiedene, auf ihn einwirkende Bakterien-Gifte beruht. Durch Ehrlichs Seitenkettentheorie ist aber schon ein wichtiger Schritt zur mechanistischen Erklärung dieser Gruppe von Selbstregulationen getan. Diese Theorie geht davon aus, daß jedes Gift bloß auf denjenigen Zellbestandteil giftig wirkt, den es chemisch verändert, indem es ihn chemisch bindet; und daß dieser letztere Stoff, indem er sich mit dem Gifte vereinigt, es selber natürlich auch verändert und daher unschädlich macht, weshalb er als Gegengift wirkt. Zahlreiche Versuche haben ergeben, daß Stoffe, welche wie diese „verbrauchten" Stoffe zugleich die spezifischen Antitoxine sind, von den angegriffenen Zellen in viel höherem Maße neu produziert werden als zum bloßen Ersatz des Verbrauchten nötig ist. Diese überschüssigen Stoffe gelangen ins Blut und machen den Organismus dadurch widerstandsfähig, immun gegen neue Infektion. Nach der

Digitized by Google

Annahme Ehrlichs, daß diese Antitoxine dieselben Stoffe wie die geschädigten Zellbestandteile sind (was nun hinterher auch wohl wieder von manchem für selbstverständlich gehalten wird), liegt also hier eine „Überkompensation im Ersatze des Verbrauchten" vor. Das ist soweit eine rein mechanistische und zugleich in den Prinzipien wieder eine ähnliche Lösung, wie die Erklärung der morphologischen Selbstregulation der funktionellen Anpassung, die jetzt auch bereits als selbstverständlich hingenommen wird, obschon sie gleichfalls noch nicht hinlänglich „direkt" bewiesen ist. Aber es fehlt der Theorie Ehrlichs nach der Auffassung mancher ferner noch der Nachweis, wie es möglich ist, daß die Zelle so viele besondere Antitoxine hervorbringen kann. Das ist, wie mir scheint, jetzt eigentlich nur noch eine verkehrte Fragestellung. Wir hätten uns im Gegenteil nur zu wundern, daß so viele Stoffe schädlich, also zerstörend auf einzelne Zellstoffe wirken. Denn daß eine Zelle jeden Stoff, aus dem sie selber besteht, sofern sie nicht getödtet wird, ersetzen kann, gehört zu der allgemein bekannten Fähigkeit ihrer Selbstassimilation. Die Überkompensation im Ersatz des Verbrauchten aber ist, wenigstens für bestimmte relative Größen des funktionell bedingten Verbrauches, bereits als eine wesentliche universelle Leistung der Gewebe erkannt und mit zu der erwähnten Erklärung der funktionellen Anpassung verwendet worden. Es deutet zudem wieder auf mechanistische Einschränkung auch der neu erkannten, chemischen Selbstregulationsfähigkeit hin, daß nicht gegen alle Arten von Giften, deren Einwirkung überstanden worden ist, die Ersatzstoffe in einem zur Immunisierung ausreichenden Übermaße gebildet werden, sowie auch, daß bei der Zuckerharnruhr etc. dieses Regulationsvermögen sehr herabgesetzt ist.

Also auch diese jetzt die Welt in Erstaunen setzenden chemischen Selbstregulationen bereiten der mechanistischen Erklärung keine prinzipiellen Schwierigkeiten, wenn sie auch im einzelnen noch vieler Aufklärung bedürfen. Diese neuerkannte Art der Selbstregulation ist vielmehr auf dieselben allgemeinsten Prinzipien zurückzuführen, von denen die funktionelle Anpassung abgeleitet werden konnte: auf Überkompensation im Ersatze des Verbrauchten und

Digitized by Google

auf Selbsterzeugung der zur Selbstregulation führenden besonderen Bedingungen jedes einzelnen Falles durch die besonderen Verhältnisse, welche in diesem Falle durch die Störung selber hervorgebracht worden sind[134]) Anm.

Diese beiderlei: chemischen und morphologischen Arten von wunderbar „zweckmäßigen", besser „dauerfördernden" Leistungen der allgemeinen Gewebsqualität der Überkompensation im Ersatze des Verbrauchten (resp. des Übermaßes in der Anbildung des Gebrauchten bei den passiv fungierenden Geweben: den Stütz- und Bindesubstanzen, der Epidermis) erwecken den Anschein, als ob diese Gewebsqualität alle diese einzelnen überaus verschiedenen Leistungen „als vorbestimmte Ziele" in sich trüge, als ob sie nach Aristoteles „Entelegieen" wären (von ἐν τὸ τέλος ἔχειν). Deshalb braucht dies aber nicht in Wirklichkeit der Fall zu sein, sondern, wie wir sahen, finden alle diese verschiedenen Leistungen ihre zureichende, spezielle determinierende Ursache in den besonderen, durch die zufällige Art der Störung oder der sonstigen Alteration (z. B. des Gebrauches) entstandenen neuen Verhältnissen.

Die Entstehung dieser das Wunderbare leistenden allgemeinen Gewebsqualität kann man nun allerdings von einem zwecktätigen Agens ableiten. Ich glaube aber gezeigt zu haben, daß eine Ableitung auch rein mechanistisch möglich ist, nämlich durch erhaltende Auslese, die bereits auf früher Stufe der Phylogenese züchtend wirken mußte, sobald eine solche Qualität durch zufällige Variation auch nur in Spuren auftrat. Ferner mußte der so viel mißverstandene „Kampf der Teile" im Organismus, nämlich der Kampf der „lebenstätigen", also mindestens „assimilierenden" Teile, (Isoplassonten, Nr. 24 u. 111), diese Eigenschaften noch viel stärker züchten, als es Darwins sogenannter Kampf der ganzen Individuen mit den äußeren Lebensumständen tun konnte (s. Nr. 2a, 23a).

Da auch bei der Regeneration und Postgeneration und nach der künstlichen Umordnung der Furchungszellen die besonderen Bedingungen, die zur Selbstregulation in jedem besonderen Falle von Störung nötig sind, gleichfalls durch die spezielle Art der Störung selber hervorge-

Digitized by Google

bracht werden, also die besondere Art der Störung auch zugleich die Bedingungen der zu ihrem Ausgleich nötigen besonderen Art der Regulation schafft, sofern bestimmte allgemeine Korrelationsqualitäten zwischen Implizitem und Explizitem vorhanden sind, so haben wir also schon die allgemeinsten Bedingungen der organischen Selbstregulationen als mechanistische erkannt und brauchen daher auch nicht darüber zu verzweifeln, daß das Spezielle, die besondere Art der Determination und der Ausführung im Einzelfalle größtenteils noch nicht ermittelt ist. Das wird wohl auch noch, wenigstens teilweise möglich werden, sobald erst das typische Geschehen in höherem Maße erkannt sein wird.[135]) Anm.

Aus diesem Grunde halte ich alle Behauptungen von der prinzipiellen mechanistischen Unerklärbarkeit des gestaltlichen organischen Geschehens für vorzeitige einseitige Ausdeutung des noch Unbekannten, für eine unzulässige Ableitung von Sicherem (nämlich der Nichterklärbarkeit) aus Unbekanntem.

Die Gegner unserer Auffassung weisen auf den außerordentlich großen Umfang des im Speziellen noch nicht mechanistisch erklärten „Zweckmäßigen" hin und betonen (G. Wolff u. a.), daß letzteres oft überaus subtiler, manchmal auch nur sehr selten in Tätigkeit tretender Art ist, ohne daß damit aber die Unerklärbarkeit bewiesen wäre. Wir dagegen heben die wenigstens „prinzipielle Erklärbarkeit" alles dieses Geschehens hervor; können aber nicht beweisen, daß die von uns zur Erklärung verwendeten Prinzipien ihrer realen Wirkungsgröße nach vollkommen ausreichen, resp. in der Phylogenese ausgereicht haben (s. Nr. 5, II, S. 63).

Indem wir dieses Unbekannte als solches anerkennen und respektieren, nehmen wir aber im Interesse der Möglichkeit der empirischen Forschung zweierlei bis zum Beweise des Gegenteils als Arbeitshypothesen an. Dieser Beweis des Gegenteils wird aber wohl kaum je erbracht werden. Wir vertreten erstens die vollkommene mechanistische Erklärbarkeit des organischen gestaltenden Geschehens. Unter mechanistischen Geschehen ist voll-

Digitized by Google

kommen der Kausalität folgendes, also „beständiges" Geschehen verstanden, somit Geschehen, welches unter gleichen Umständen stets in gleicher Weise vor sich geht [135a]) Anm. Nur eine ausschließlich auf diesem Prinzipe beruhende Ableitung macht mir den Eindruck einer „Erklärung". Zweitens nehmen wir an, daß die organischen „gestaltenden" (determinierenden und realisierenden) Wirkungsweisen in letzter Instanz durchaus auf die im Anorganischen vorkommenden physikalischen und chemischen Wirkungsweisen zurückführbar seien. Auch diese Annahme ist zurzeit nicht erweisbar. Wir müssen im Gegenteil gegenwärtig und gewiß sehr lange noch zumeist mit spezifisch-organischen, „komplexen" Komponenten und Faktoren arbeiten, von denen ich aber glaube, daß sie nur „noch nicht" in anorganisches Geschehen zerlegbar sind, während die Teleologen oder Autonomisten sagen, daß sie großenteils „überhaupt nicht" in dieser Weise zerlegbar seien. Diese Differenz läßt sich nicht durch Streiten und Diskussionen sondern nur durch Jahrhunderte lange empirische Arbeit etwas klären. [136]) Anm.

Die Annahme eines zwecktätig „gestaltenden" Wirkens unserer Seele im eigenen Organismus ist nur in bestimmt eingeschränktem Maße zutreffend.

Unsere Seele kann erfahrungsgemäß im Organismus nicht auf direktem Wege den funktionellen Akt überdauernde Gestaltungen bewirken. Sie kann nur ihre seelenlosen Werkzeuge, die Organe des Körpers, sei es direkt oder indirekt in Tätigkeit setzen; und mit dieser maschinellen Tätigkeit ist der „gestaltende" Mechanismus der funktionellen Anpassung verbunden. Dieser bestimmte Mechanismus allein gibt ihr die Möglichkeit, im Organismus die Bildung dauerfördernder Gestaltungen zu veranlassen. Ferner kann ein gehobener Erregungszustand der Seele nur indirekt auch auf den Ernährungszustand des Körpers anregend und ein gesunkener die Ernährung herabsetzend wirken. Nicht aber vermag die Seele direkt die Gestaltung des Körpers zu determinieren. Der glühendste Wunsch, gesund oder schön zu werden und die bestimmteste Vorstellung von dieser Schönheit bleiben ohne jede

Digitized by Google

direkte gestaltende Wirkung. Nur durch edles Denken und Tun wird der Gesichtsausdruck, durch entsprechende Haltung und Bewegung die Gestaltung des Körpers allmählich verschönt; dies aber auch nur, soweit es von der durch die oben unterschiedene erste Entwickelungsperiode geschaffenen Basis aus noch möglich ist. Deshalb konnten und können wir bei unseren rein „morphologischen" Bestrebungen von dem unermeßlich reichen seelischen Geschehen als solchem vollkommen absehen. [137]) Anm.

Die besondere gestaltende Seele aber im Sinne des Aristoteles, welche in der Auffassung einiger Teleologen wieder erweckt aber dabei zugleich möglichst bemäntelt und eingeschränkt worden ist, soll direkt gestaltend wirken und so neben den von den materiellen Bedingungen des Systemes bestimmten Gestaltungen von sich aus die verschiedensten Gestaltungen bestimmen und ihre Ausführung veranlassen [137a]) Anm. Wir haben indes erkannt, daß diese Annahme für die Ableitung der ontogenetischen Gestaltungstatsachen prinzipiell nicht nötig ist, da die „bestimmenden" „materiellen" Bedingungen stets in prinzipiell zureichender Weise vorhanden sind. Wer aber von den Teleologen dieses prinzipiell Zureichende der materiellen und energetischen Bedingungen der Determination und der Realisation des Determinierten in dem System des typischen oder gestörten Organismus als gegeben anerkennt, ist daher gleichsam nur ein Luxusteleolog, denn er hat die Annahme einer zwecktätigen gestaltenden Potenz prinzipiell nicht nötig. Sondern allein zur vorzeitigen (NB. nur scheinbaren, auf Selbsttäuschung beruhenden) Stillung seiner Wißbegier nach bloß im Speziellen noch Unbekanntem, macht er die Annahme dieser Potenz, um ihr Unbekanntes in den typischen Gestaltungsvorgängen und in dem (qualitativ und quantitativ so eingeschränkten) Regulationsgeschehen zur Determination zu übertragen, womit es aber einer wahren Erklärung von vornherein entzogen wird. Es wäre dann einfacher, homogener, man übertrüge dieser Potenz, wie früher der „Lebenskraft", die gesamte Determination der organischen Gestaltungen und über-

Digitized by Google

ließe bloß die „Ausführung", die Realisation des Determinierten den physikalisch-chemischen Faktoren.

Aus dem an sich anerkennenswerten Bestreben, eine nur möglichst wenig vom Physikochemischen abweichende Ableitung zu geben, ist wohl das eine Zwischenstufe zwischen diesem und der früheren vitalistischen Auffassung darstellende Zugeständnis der Teleologen Ed. von Hartmann, Driesch u. a. hervorgegangen, daß die zwecktätig gestaltende Potenz „unbewußt" arbeite. Aber auch diese scheinbare Milderung kann nicht befriedigen. Entweder sind dann in der Phylogenese unbewußt, also durch zufällige Variationen, entstandene rein mechanisch gestaltende Reaktionsqualitäten tätig, die im wesentlichen so oder ähnlich wirken, wie wir es vorstehend in den die funktionelle Anpassung bewirkenden Gewebsqualitäten und in den expliziten Reaktionen des Keimplasmas auf Störungen der expliziten Gestaltungen geschildert haben. Dann hätten diese Autoren gar nichts Besonderes vertreten; es wäre gar keine zwecktätig gestaltende Potenz an der Entstehung der Gestaltungen der Organismen beteiligt; und diese Autoren hätten keine Veranlassung, ihre Auffassung der unserigen als etwas wesentlich anderes gegenüberzustellen. Da sie dies aber tun, und da sie betonen, daß die letztere Auffassung prinzipiell unzureichend sei, so müssen sie sich bei dieser „unbewußten Zwecktätigkeit" doch etwas qualitativ Eigenartiges denken, was mir aber viel weniger vorstellbar erscheint als etwa eine bewußt zwecktätig gestaltende Seele[138]) Anm.

Dagegen ist es zu begrüßen, daß diese gegnerischen Autoren bei ihrem energischen Streben nach dem auch von uns, aber auf anderem Wege verfolgten Ziele: der Erkenntnis des organischen Gestaltungsgeschehens wenigstens die ununterbrochene Kausalität dieses Geschehens anerkennen.[138]) Anm.

Die Kausalität ist der Boden, auf dem später noch manche jetzt ungeahnte Verständigung möglich werden wird. Sie ist die Basis, von der aus durch vereinte empirische und philosophische Forschertätigkeit auch das Gebiet des Ignorabimus der vorherigen Generation noch manche wichtige Einschränkung erfahren kann.

Digitized by Google

So überraschend neue Entdeckungen uns vielleicht auf organischem und anorganischem Gebiete bevorstehen, deren Möglichkeit uns die Verwandlung des Heliums und die wunderbaren Leistungen des Radiums erst neuerdings wieder vor Augen geführt haben, an diesem einen müssen wir Naturforscher unveränderlich festhalten, trotz des in letzter Zeit wieder erwachten, selbst die Kausalität anzweifelnden, exzessiven philosophischen Skeptizismus, an dem, was die Vorbedingung und die Grundlage aller Erkenntnis ist, und was daher allein die Möglichkeit ihres, wenn leider nicht unbegrenzten so doch unaufhörlichen Fortschrittes auch auf unserem Gebiete gewährt: an der ewigen Gültigkeit des Kausalgesetzes.

Digitized by Google

Literatur und Anmerkungen.

1. His, Wilhelm, Unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung. Leipzig **1874**.

1a. Roux, Wilhelm, Über die Verzweigungen der Blutgefäße. Diss. inaug. Jena **1878**. Nr. 5. I. S. 1—76.

1b. Derselbe, Über die Ablenkung des Arterienstammes bei der Astabgabe, Jenaische Zeitschr. f. Naturw. **1879** und Nr. 5. I. 77—102. Diese kleine Mitteilung enthält bereits die Grundzüge der „Theorie der funktionellen Anpassung", welche in Nr. 2a ausführlich dargelegt wurde.

2. Rabl, C., Die Entwickelung der Tellerschnecke. Morphol. Jahrb. Bd. 5. **1879**. S. 571—573.

2a. Roux, Wilhelm, Der Kampf der Teile im Organismus. Leipzig **1881** oder Nr. 5. I. S. 135—422.

2b. Derselbe, Über die Zeit der Bestimmung der Hauptrichtungen des Froschembryo. Leipzig **1883**. Nr. 5. II. S. 95—124.

3. van Beneden, Edouard, et Julin, Charles, La Segmentation chez les Ascidiens dans ses rapports avec l'organisations de la larve. Bull. de l'Acad. roy. de Belgique VII, série 3, **1884**.

3a. Götte, Alex., Abhandlungen zur Entwickelungsgeschichte der Tiere. Heft 1—2. **1884**.

4. Roux, Wilhelm, Einleitung zu den Beiträgen zur Entwickelungsmechanik des Embryo und Beitrag 1. Zeitschrift für Biologie, Bd. 21. München **1885**. (Seite 411).

Digitized by Google

5. Roux, W., Gesammelte Abhandlungen über Entwickelungsmechanik der Organismen. Band I und II. Leipzig **1895**. (Umfaßt alle bis Mitte des Jahres 1894 erschienenen Arbeiten des Autors.) Bd. II. S. 2.
6. Hertwig, O., Zeit- und Streitfragen der Biologie. Heft 2. Mechanik und Biologie. Mit einem Anhange: Kritische Bemerkungen zu den entwickelungsmechanischen Naturgesetzen von Roux. Jena **1897**. 211 Seiten.
6a. Rabl, C., Über den Bau und die Entwickelung der Linse. III. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 67. S. 82. **1899**.
7. Roux, Wilhelm, Programm und Forschungsmethoden der Entwickelungsmechanik der Organismen. Zugleich eine Erwiderung auf O. Hertwig's Schrift: Biologie und Mechanik. Leipzig **1897**. (Auch abgedruckt im Archiv für Entwickelungsmechanik der Organismen, Bd. 5, 1897, unter dem Titel: Für unser Programm und seine Verwirklichung.) (Seite 37—45.)
8. Anm. zu Seite 7. Daß eine einfache Formulierung an sich das Zeichen einer gewissen Abklärung eines wissenschaftlichen Ergebnisses ist, ist schon in dem alten Dictum: Simplicitas signum veritatis enthalten. J. Liebig z. B. betonte seinerzeit, daß eine Untersuchung soweit fortzuführen sei, bis ein einfach formulierbares Ergebnis gewonnen sei. E. Radl wies vor kurzem (Biol. Zentralbl. Bd. 21. S. 410) darauf hin, daß bereits Cuvier es als Ziel jeder guten Methode bezeichnet hat, die Wissenschaft auf ihre „kürzesten Ausdrücke zu bringen". Dagegen erwähnt Radl irrtümlicherweise, ich hätte den auf Seite 5 zitierten Ausspruch Kirchhoff's als den Ausfluß des neuesten und originellsten Nachdenkens und für besonders beachtenswert beurteilt. Ich habe diesen Ausspruch erwähnt (Nr. 7), weil er von Gegnern als angeblich meine Bestrebungen verurteilend gedeutet worden war; dabei habe ich ihm zugleich eine sachlich möglichst angemessene Deutung zu geben versucht.

Diese Deutung wird neuerdings unterstützt durch den Physiker Otto Wiener, welcher es für nicht gut bezeichnet,

Digitized by Google

daß Kirchhoff statt „Erklärung" das Wort „Beschreibung" gebrauchte. Zugleich weist Wiener auf den Widerspruch hin, in den Kirchhoff dadurch mit dem Sprachgebrauche kam. („Die Erweiterung unserer Sinne", Antrittsvorlesung, Leipzig **1900** S. 42). In ähnlicher Weise haben sich der Mathematiker Otto Hölder (Anschauung und Denken in der Geometrie. Antrittsvorlesung, Leipzig, **1900**) und der Philosoph Al. Riehl (Zur Einführung in die Philosophie der Gegenwart **1903** S. 243) ausgesprochen.

9. O. Bütschli, Über die Bedeutung der Entwickelungsgeschichte für die Stammesgeschichte der Tiere. Jahresber. der Senckenberg-Ges. zu Frankfurt a. M. **1876.**
10. Anm. zu S. 8. Wie sehr selbst ganz elementares Zellgeschehen auf niederer Stufe der Ontogenese ursächlich verschieden bedingt sein kann als später, nach stattgehabter geweblicher Differenzierung, zeigt z. B. die Verschiedenheit der Faktoren, welche die Teilungsrichtung der Furchungszellen einerseits und der Gewebezellen andererseits bestimmen (s. Nr. 5. Bd. II. S. 303, 305, 866, 972 u. f., bes. 976 Anm. sowie Nr. 83).
11. Anm. zu Seite 8. (Nr. 2a, **1881.** S. 144, 180 und Nr. 5. I. S. 311, 348, 804. II. S. 281, 909 und Nr. 23a S. 649.)

Die zwei kausalen Hauptperioden der Ontogenese.

Diese Einteilung soll bloß ein erstes Beginnen sein. Die erste Periode nannte ich: die „embryonale" Periode κατ' ἐξοχήν, oder auch die Periode der „Organanlage". Sie umfaßt die „direkt vererbten" Gestaltungen, also die Gestaltungen, die in der Struktur des Keimplasson direkt gestaltlich determiniert sind (s. S. 44 und Nr. 79), somit die erste Differenzierung des Keimes, die Furchung, die Bildung der Keimblätter und der Organanlagen, wie auch das folgende Stadium der „weiteren Ausbildung" und des selbständigen Wachstums und Erhaltens, das heißt des ohne

Digitized by Google

Funktionierung der Organe stattfindenden Wachstums und Erhaltens derselben.

Diese Periode ist also die Periode des direkten Gestaltens durch die Tätigkeit der im Keimplasma implizite enthaltenen Gestaltungsmechanismen, sowie die Periode des Selbsterhaltens der angelegten Teile, ohne dazu der Ausübung der Funktion zu bedürfen.

Die zweite Periode ist die Periode der „funktionellen Gestaltung". Sie umfaßt die weitere Ausbildung und die gestaltliche Erhaltung*) der in der vorigen Periode hergestellten Organe; und zwar geschieht diese Gestaltung durch die Ausübung der eigenen Funktion der Organe. Diese Periode produziert vielfach das letzte an feiner funktioneller Ausgestaltung und stellt so die „feinere funktionelle Harmonie" aller Organe im ganzen her (s. Nr. 2a, S. 204, Nr. 5, I, S. 376, 446, 561, II, S. 216). Ihre gestaltliche Tätigkeit beruht darauf, daß dem funktionellen Reiz resp. der Ausübung der spezifischen Funktion der Organe eine, teils neue Gestaltung bildende, teils das Gebildete erhaltende, somit beidemal „gestaltliche" Nebenwirkung zukommt.

Da die Art der Organfunktion zunächst durch das in der Periode der direkten Gestaltung Gebildete bedingt, somit

*) Diese „gestaltliche" Erhaltung betrifft also die „Selbsterhaltung" der Organe in ihrer typischen Größe, Struktur und ev. äußeren Gestalt innerhalb des ganzen Lebewesens, und sie wird durch die harmonische Funktion aller Organe desselben in zum Ganzen passender Weise bewirkt. Sie ist also von der bloßen „Miterhaltung" der Organe mit dem ganzen Lebewesen zu unterscheiden; denn wenn das Lebewesen als Ganzes stirbt, müssen natürlich auch die einzelnen Organe sterben, schon wegen Mangel an Nahrung. Aber umgekehrt können trotz der Erhaltung des Lebewesens diejenigen einzelnen Organe, welche nicht fungieren, atrophisch werden (s. o. S. 81) oder nicht richtig weiter gebildet werden (Aplasie), obschon ihnen noch Nahrung vom Ganzen aus zugeführt wird, und sie durch ihren nervös vermittelten Einfluß auf die Gefäße auch noch mehr Blut zugeführt erhalten würden, wenn sie stärker assimilierten und daher stärker Nahrung attrahierten (s. Nr. 5. I. S. 316—321).

Digitized by Google

in typischer Weise gegeben ist, weil diese Gestaltung selber von der typischen Beschaffenheit des Keimplasma „bestimmt" ist, und da ferner auch der „embryonale Gebrauch" der Organe seiner Art und Größe nach noch wesentlich in dem so hergestellten Mechanismus des Lebewesens selber begründet ist, so ist auch die in der zweiten Periode zunächst produzierte (übrigens wohl meist nur geringe) neue Gestaltung noch typische Gestaltung und steht, wenn auch nur indirekt, doch unter der „determinierenden" Wirkung der Vererbungsstruktur des Keimplasma (s. Nr. 79). Erst später, wenn die Größe und ev. die Art der Funktionsvollziehung durch den Willen oder durch andere von außen her abhängige Einwirkungen veranlaßt wird, dann sind die gestaltlichen Leistungen der zweiten Periode durch fremde Momente bestimmt und stellen jetzt „Anpassungen" an diese Momente dar und können daher nun vom Typischen Abweichendes hervorbringen.

Für jedes einzelne Organ liegt der Übergang von der ersten zur zweiten Periode in einer bestimmten, von der Zeit des Beginnes seiner Organfunktion abhängigen aber nicht notwendig mit ihr beginnenden Phase der Entwickelung des Gesamtwesens. Zwischen beiden Perioden liegt vermutlich eine Übergangsperiode, ein Zwischenstadium von für die verschiedenen Organe verschiedener Dauer, in welcher die beiderlei Ursachen an der Weiterbildung des Angelegten gleichzeitig beteiligt sind, die Ursachen der ersteren Periode in allmählich abnehmendem, die der letzteren in allmählich zunehmendem Maße. In diesem Stadium ist die Ausübung der Organfunktion zur „Erhaltung" der Organstruktur und -Größe noch nicht nötig, aber zu ihrer weiteren Ausbildung doch schon förderlich. Wir haben also, um dies noch besonders zu sagen, außer den genannten Perioden der „Entwickelung" im Sinne von Differenzierung analytisch auch noch, sachlich aber nicht zeitlich entsprechende Perioden des vererbten „selbständigen Wachstums" und des von

Digitized by Google

der Funktionierung abhängigen „funktionellen Wachstums“ (Nr. 5. I. S. 311, 345. II. S. 232) und entsprechende Perioden der „Erhaltung“ zu unterscheiden.

Übrigens wird in Periode I seiner Art nach „dasselbe“ an feiner, der Funktion entsprechender, also funktioneller Struktur der Organe ohne Funktion hergestellt, was später in der zweiten Periode nur noch durch die gestaltende Nebenwirkung der Funktion gebildet werden kann. Die typische funktionelle Struktur, d. h. die der typischen Funktion in hohem Maße entsprechende, ihr scheinbar direkt angepaßte Struktur der Organe wird also keineswegs allein durch die Funktionierung gebildet (wie fälschlich unterstellt worden ist). Der von mir gegebene Name „funktionelle“ Gestalt und Struktur bezieht sich nur auf die der Funktion in hohem Maße entsprechende Beschaffenheit, nicht auf die Funktion als „alleinige“ Ursache ihrer Herstellung (s. Nr. 67 u. 103).

Mit der Aufstellung dieser ersten beiden ursächlich verschiedenen Gestaltungsperioden und ihres Zwischenstadiums ist der ursächlichen Forschung schon eine große Reihe neuer Aufgaben gestellt; denn es ist für jedes einzelne Organ (resp. auch für jedes Gewebe desselben) zu ermitteln, in welcher Phase der Entwickelung des Lebewesens die erste Periode für diesen Teil aufhört, das Zwischenstadium beginnt und endet, womit dann die Ursachen der zweiten Periode allein Gestalt bildend und erhaltend wirken (und es ist auch fraglich, ob letzteres überhaupt bei allen Organen der Fall ist). Umgekehrt formuliert ist also von allen typischen Einzelgestaltungen der Ontogenese zu fragen, was davon der ersten, was der zweiten ursächlichen Gestaltungsperiode zugehört. Die Antwort ist keineswegs leicht und hat sich schon bei den Knochen, mit denen in dieser Hinsicht auf meine Anregung zuerst begonnen worden ist, als sehr schwierig erwiesen, und das Ergebnis blieb zunächst sehr zweifelhaft (s. W. Gebhardt. Arch. f. Entw.-mech. XI. und Verhandl. d. Anat. Ges. zu Halle,

Digitized by Google

Anatom. Anz. 1902, Verhandl. d. Naturforschervers. 1902 und H. Meyburg, Beitrag zur Kenntnis des Stadiums der „primären in toto konzentrischen" Knochenbildung, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 64, 1904).

Natürlich wird die erste Periode ihrerseits wieder in ursächlich verschiedene Abteilungen zu zerlegen sein, und diese Zerlegung muß für jede vorkommende Art von typischer Entwickelung (s. S. 69 u. Nr. 123) zum Teil eine andere sein*).

Für die von mir aufgestellte und erwiesene Art der typischen Entwickelung, also für „die unter Selbstdifferenzierung von Teilen verlaufende Entwickelung" ist zunächst zu unterscheiden, eine explizite erstmalige oder primäre Determination vom Ganzen auf seine Teile oder von größeren Teilen auf je seine ihn zusammensetzenden Unterteile, also Determination durch Zusammenwirkung vieler Teile um das Kleinere, Einzelne zu bestimmen. Zweitens die Ausführung des auf diese Weise Determinierten unter Selbstdifferenzierung des betreffenden Teiles. Mit dieser ist wohl schon die folgende speziellere Determination des Kleineren innerhalb der Bezirke der Selbstdifferenzierung verbunden, und diese Bezirke werden dabei selber immer kleiner: Prinzip der sukzessive spezielleren und in engeren Bezirken erfolgenden Determination. Drittens erfolgen vielleicht noch eine oder mehrere Nachdeterminationen vom Ganzen auf die Teile oder von großen Teilen auf die kleineren (s. Nr. 96 u. 102). Alles dies geschieht aber „durch" Wechselwirkung

*) Driesch hält v. Bär's Einteilung der Entwickelung in gewebliche Differenzierung und Organbildung für identisch mit dieser kausalen Einteilung. Das ist nicht richtig; denn diese Abteilungen Bär's gehören sicher beide in meine erste Periode. Es wird aber eine Aufgabe werden, zu erforschen, ob Bär's zunächst rein deskriptive Abteilungen kausal wesentlich voneinander verschieden sind; man kann dies wohl vermuten aber nicht wissen; und es wird gleichfalls viele Arbeit nötig sein, um diese Frage zu entscheiden.

Digitized by Google

von Teilen aufeinander, also durch abhängige Differenzierung dieser Teile (s. Nr. 78).

Für die zweite oben (S. 69) als möglich hingestellte Art der Entwickelung, für die Entwickelung durch totale Zusammenwirkung aller Teile, wird teilweise eine andere Einteilung nötig sein.

12. v. Baer, Karl, Ernst, Über die Entwickelungsgeschichte der Wirbeltiere, Beobachtungen und Reflexion, Teil I. **1828.** S. 22.

12a. Pander, Chr., Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Hühnchens im Ei. **1817.** S. 40.

13. Lotze, Rud. Herm., Allgemeine Physiologie des körperlichen Lebens. **1851.** S. 353.

14a. Fick, Rud., Wilhelm His †. Nekrolog. Anatom. Anzeiger. **1904.** Band XXV. S. 190.

14b. Marchand, F., Wilhelm His. Nekrolog. Ber. d. math.-phys. Cl. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. v. 14. Nov. 1904.

15. Siehe Nr. 4 S. 507 oder Nr. 5 II, S. 235.

16. Anm. zu S. 10.

His' Ableitung der Formbildung durch Stauung.

Diese Ableitung durch Stauung sich ausdehnender Stellen an ihrer Umgebung ist keineswegs ein so „einfaches", d. h. mit wenig Determinationen auskommendes „Gestaltungsprinzip, wie er selber glaubte, und wie auch gewöhnlich angenommen wird. Die oben (S. 44) erwiesene „Selbstdifferenzierung der Medullarplatte" durch Umgestaltung der Zellen der Platte braucht nicht notwendig mehr einzelne Determinanten. Wenn es sich um die genaue Herstellung so besonderer Formen wie bei den Organismen handelt, müssen die von His angenommenen Wachstumsgrößen vieler einzelner Stellen und ebenso die Größen und Lokalisationen der einzelnen äußeren Widerstände sehr verschieden, sowie sehr genau typisch bestimmt und abgestuft sein.

Wenn man z. B. fünf bis zehn Brotteig-Kugeln mit bestimmt abgewogenen ungleichen Mengen

Digitized by Google

von Hefe oder von kohlensaurem Kali versetzt und diese Kugeln in typischer, d. h. in bestimmter Anordnung und sich berührend auf eine Glasplatte bringt, um sie in den Wärmeschrank zu setzen, so wachsen, vergrößern sich die einzelnen Kugeln in typischer, der verschiedenen Hefemenge entsprechenden Weise und wirken durch ihren Zusammenhang und durch ihre typische Anordnung gestaltend aufeinander. Es entstehen daher immer neue Formen: ein gutes Beispiel wesentlich epigenetischer Entwickelung. Aber die Formbildung ist doch nur eine recht schwache, weil es an anderen Bedingungen derselben, an der geeigneten Größe der Kohäsion und Adhäsion fehlt. Wir ersehen daraus, wie sehr ausser dem ungleichen Wachstum noch andere Faktoren auch an der Gestaltung nach Pander-His' scheinbar einfachem Prinzip sich in bestimmter Weise mitbeteiligen müssen, um die typischen organischen Formen hervorzubringen.

17. Götte, Alexander, Entwickelungsgeschichte der Unke. **1874.**

17a. Rauber, Antinous, Formbildung und Formstörung in der Entwickelung von Wirbeltieren. **1880.**

18. Strasser, H., Entwickelung der Extremitätenknorpel. **1879.**

18a. Anm. zu S. 11. His hat auch einige Hypothesen über eventuelle Ursachen der Differenzierung des Bindegewebes und Knorpels durch äußere Einwirkungen auf das Urblastem (den parablastischen Gewebekeim) aufgestellt, gleichfalls jedoch ohne durch Versuche ihre Richtigkeit zu prüfen bezw. zu beweisen. S. die Häute und Höhlen des Körpers, 1865. S. 27 und Nr. 1. S. 128. Ebenso H. Straßer (Nr. 18) und M. Kassowitz (die normale Ossifikation 1879). Siehe auch Roux, Nr. 2a und Nr. 5. II. S. 229. Ferner finden sich in A. von Koellikers Lehrbuch der Entwickelungsgeschichte, 2. Auflage, Leipzig 1879 und in V. von Ebners wertvollen Untersuchungen über Anisotropie organisierter Substanzen, Leipzig 1882, und anderen manche bedeutsame ursächliche Hinweise (Nr. 22a).

Digitized by Google

19. Gerlach, Leo, Die künstliche Erzeugung von Doppelbildungen beim Hühnchen. Sitzungsber. d. phys.-med. Societ. zu Erlangen. 8. Nov. **1880.**

20. Dareste, Cam., Recherches sur la production artificielle des Monstruosités. Paris **1877.** Genaueres siehe No. 7 S. 137.

20a. S. Nr. 5. II. S. 517.

21. Wolff, C., F., Theoria generationis. Halle **1764**, deutsch Berlin 1764 und Leipzig 1897.

22. Anm. zu Seite 13.

Neoepigenesis und Neoevolutio.

Vor 20 Jahren (Nr. 4, S. 415 und Nr. 5, II, S. 5) erneuerte und vertiefte ich die Alternative der Epigenesis und Evolution analytisch, indem ich dartat, daß durch die von C. Fr. Wolff bewiesene „formale" Epigenesis der individuellen Entwickelung noch keineswegs eine wirkliche Epigenesis in dem Sinne der Entstehung von „Mannigfaltigkeit" also der Bildung von Kompliziertem aus Einfachem: Neoepigenesis erwiesen oder umgekehrt die Evolution im engeren Sinne der bloßen Umwandlung sehr vieler, von Anfang an vorhandener, unsichtbarer struktureller und chemischer Verschiedenheiten in sichtbare Verschiedenheiten: Neoevolutio widerlegt sei. Dabei war ich mir bewußt, daß diese Frage nach der wirklichen Sachlage nicht direkt durch ein oder einige ad hoc angestellte Experimente beantwortet werden kann, sondern daß nur von vielen verschiedenartigen, wohl meist zu anderen Zwecken angestellten Versuchen aus allmählich bestimmtere Schlüsse über diese Sachlage abgeleitet werden können. Es war daher nicht vermutet, daß gerade diese Frage die Geister bald in heftige Erregung versetzen und viele Streitigkeiten veranlassen werde. Die eine Gruppe von Forschern, A. Weismann u. a. vertrat bestimmt die Ansicht, daß im Ei schon überaus viele unsichtbare verschiedene Teile vorhanden sind, die im Laufe der Proontogenese (s. Nr. 49) und Ontogenese in sichtbare Verschieden-

Digitized by Google

heiten umgebildet werden. Danach wäre die individuelle Entwickelung wesentlich Umbildung nicht wahrnehmbarer Mannigfaltigkeit in wahrnehmbare, also Evolution im Sinne dieser neuen Definition, Neoevolution. Andere Autoren, wie Driesch, behaupteten, daß die individuelle Entwickelung von anfänglich nur zwei Verschiedenheiten ausgehe, somit durchaus unter Produktion von neuer Mannigfaltigkeit, unter Neoepigenesis verlaufe. Ich selber hatte mich anfänglich begnügt, die neuen, tiefer eindringenden Fragen zu formulieren und die Möglichkeit beider Arten von Entwickelung an mannigfachen Beispielen darzutun.

Wenn wir z. B. einen Magneten über eine Platte von Eisenfeilspänen halten oder eine Platte von einem Punkte aus erwärmen, drücken oder elektrisch durchströmen, entstehen durch die typisch ungleiche Verteilung der Wirkung die typischen, sichtbaren oder künstlich sichtbar zu machenden Kraftlinien (resp. Stromlinien) stärksten Gefälles und Niveauflächen gleichen Potentials, was hochgradige typisch-gestaltende Epigenesis von 2 oder 3 wirkenden Teilursachen aus darstellt.

Als ein andersartiges Beispiel der Produktion neuer, typische Gestaltungen darstellender Mannigfaltigkeit sei noch die Bildung der Ringe von Tabakrauch erwähnt. Diese Ringe sind nicht schon im Munde formiert enthalten, sondern sie werden erst durch das rasche Ausstoßen einer abgegrenzten Menge Rauches geformt, geschaffen.

Andererseits legte ich dar, daß die ungeheuer große formale Mannigfaltigkeit auf der Bruchfläche eines von uns zerschlagenen Steines zum allergrößten Teil nicht neu erzeugt, sondern seit Äonen in Verschiedenheiten der Beziehungen der Molekel zueinander präexistiert hat und durch die äußere Einwirkung beim Zerbrechen nur sichtbar geworden ist, also fast reine Umwandlung verborgener Mannigfaltigkeiten in sichtbare, somit Evolution (im engeren Sinne) darstellt. Dies deshalb, weil die Bruchfläche zwar von der Stelle stärkster

Digitized by Google

Einwirkung ausgeht, aber im einzelnen nicht den Richtungen stärkster Wirkung sondern den Richtungen geringsten Widerstandes von Molekel zu Molekel folgt.

Ich mochte mich damals, wie immer, nicht vorzeitig über in Wirklichkeit noch ganz Unbekanntes in bestimmtem Sinne äußern. Da ich aber nachwies (Nr. 5, II, S. 138, 1883), daß das Wesen des Mechanismus der indirekten Kernteilung darin besteht, daß er zu „qualitativ" bestimmter Scheidung des Kernmaterials geeignet ist, möge es, wie ich es nannte, „qualitative Halbierung" oder bestimmte „qualitativ ungleiche Teilung" sein, und besonders, da ich das letztere annahm und auch gelegentlich einmal von vielen Qualitäten im Kern gesprochen habe, so wurde mir unterstellt, ich sei „Evolutionist" wie Weismann. Um dem durch Konkretes wirksam entgegenzutreten, präzisierte ich schließlich meine Auffassung dahin, daß ich schwanke (Pflügers Arch. Bd. 66, S. 326, 1897), ob anfänglich im Ei eines Wirbeltieres etwa 10—100 oder mehr bis zu etwa 1000 verschiedene Teile in typischer Anordnung vorhanden seien, wonach also bei der Entwickelung sehr hochgradige Epigenesis mit diesen Zahlen entsprechender Evolution verbunden wären. Die neueren, auf Seite 71 angedeuteten Versuchsergebnisse veranlaßten mich dann zu der Folgerung (Nr. 42), daß sie bei einer anfänglich nur geringen Anzahl von Verschiedenheiten leichter erklärbar sind. Die einfachere Ausgangsstruktur muß dann aber um so genauer sein, um durch ihre Betätigung noch typische komplizierte Endprodukte liefern zu können.

Immerhin haben diese Streitigkeiten über Unbekanntes und zur Zeit nicht zu Beweisendes den Nutzen gehabt, die Frage wenigstens soweit zu klären, als es bei der unzureichenden Tatsachenkenntnis möglich war, und besonders aber den, daß sie das Interesse deskriptiver Forscher auf unsere kausalen Fragestellungen und Formulierungen gelenkt haben.

Digitized by Google

22a. Anm. zu Seite 14. Heuristischer Wert ursächlicher Ableitungen aus deskriptiven Beobachtungen.

Diese von deskriptiver Seite, d. h. auf Grund von direkten Beobachtungen des typischen Entwickelungsgeschehens geäußerten ursächlichen Vermutungen (s. z. B. Nr. 18a) behalten auf jeden Fall einen heuristischen Wert auch für die exakte kausale Forschung. Und wenn die Entwickelungsmechanik von ihren bisherigen, aus guten Gründen (s. S. 30, 41, 45) fast ganz am Beginne der Ontogenese haftenden Untersuchungen zur Erforschung der Ursachen späterer, speziellerer Gestaltungsvorgänge übergegangen sein wird, so werden auch die wesentlich auf solche Stadien bezüglichen ursächlichen Äußerungen deskriptiver Forscher zu verwerten und experimentell zu prüfen sein. Es ist anzunehmen, daß sich manches von ihnen dabei als mehr oder weniger richtig erweisen wird. Vorläufig aber wissen wir nicht, welchen von den mannigfachen, meist nur gelegentlichen Äußerungen ein so günstiges Schicksal zu teil werden wird (s. S. 44 u. Nr. 90a, Rabl).

23. Zu Seite 14 (dort fälschlich Nr. 3). Roux, Wilh., Die Entwickelungsmechanik der Organismen, eine anatomische Wissenschaft der Zukunft. (Festrede zur Eröffnung des neuen k. k. anatomischen Instituts zu Innsbruck, geh. am 22. Nov. 1889. Wien 1890 und Wiener mediz. Presse, Dez. 1889), Seite 8 oder Nr. 5. II. S. 30.

23a. Roux, W., Über die Selbstregulation der Lebewesen. Arch. f. Entw. mech. Bd. XIII. S. 610—650, 1902.

Ist eine Zusammenstellung früherer Äußerungen des Autors nebst kritischen Bemerkungen über Neueres.

23b. Anm. zu Seite 15, Zeile 4 von unten. Eine genauere Einteilung der Gestaltungsursachen findet sich auf Seite 39 unter Berücksichtigung des typischen und atypischen Entwickelungsgeschehens und ist in den Anm. 67a und 79 kommentiert worden. Hier kann es daher genügen, unter Elimination des im Texte befindlichen störenden Druckfehlers zu

Digitized by Google

sagen: Jedes Geschehen hat erstens Ursachen, welche die Art des Geschehens einschließlich der Intensität und Richtung bewirken; außerdem die Ursachen des Ortes und der Zeit (des Beginnes, der Fortdauer, des Endigens).

24. Anm. zu S. 16.

Wesen des Lebens, Urzeugung.

Die Lebewesen können zur Zeit nur funktionell, also durch Charakterisierung ihrer Leistungen annähernd vollständig definiert werden, denn die Funktionen kennen wir wenigstens im allgemeinsten vollständig, wenn auch im einzelnen noch lange nicht erschöpfend (s. S. 69, 81, 84, Nr. 123).

Die Immediatbestandteile, welche die chemischen Leistungen vollziehen, sind uns dagegen zunächst noch unbekannt. Zudem ist es denkbar, daß auch andere chemische Verbindungen, z. B. solche, in denen der Kohlenstoff durch Silicium vertreten ist, die chemischen Lebensleistungen vollziehen können. Außerdem ist das Lebewesen nicht allein durch seine „chemische Zusammensetzung" bestimmt, wenn diese auch eine wesentliche Grundlage bildet, sondern ein bestimmter „physikalischer, morphologischer" Bau gehört wesentlich dazu. Auch dieser morphologischer Bau ist wohl zur Erkennung der Lebensprodukte aber nicht zur Bezeichnung des Wesens des Lebens ausreichend bekannt. Die unsichtbaren morphologischen Strukturen (Metastrukturen), welche die gestaltenden Lebensleistungen in erster Linie bewirken, werden kaum je so bekannt werden, daß wir aus ihnen auch nur die bereits bekannten Gestaltungs-Funktionen als eine notwendige Folge der Betätigung dieses Baues ableiten könnten. Demnach können also allein die Funktionen zu einer wirklichen Definition des Lebens verwendet werden.

Der funktionellen Definition nach sind die Lebewesen in ihrer minimalen Besonderheit Naturkörper, welche sich selber, d. h. aus in ihnen liegenden Ursachen verändern (Selbstveränderung, Dissimilation), das Veränderte

Digitized by Google

selber ausscheiden (Selbstausscheidung) und das Veränderte unter Aufnahme neuen Stoffes (Nahrung) durch dem Unveränderten Gleiches ersetzen (Selbstwiederbildung, Assimilation) resp. mehr als ersetzen (Selbstwachstum). Sie sind außerdem Körper, welche das Vermögen der Reflex- und sogenannten (NB. scheinbaren) Selbstbewegung, sowie der Selbstteilung haben; letztere ist zugleich mit Vererbung, also mit Selbstübertragung der Eigenschaften auf die Teilprodukte (Nachkommen) verbunden. Dazu kommt noch als zuletzt erkanntes Charakteristikum die Selbstregulation in der Vollziehung aller dieser Vorgänge im Sinne einer dadurch gesteigerten Selbsterhaltungsfähigkeit des ganzen Gebildes (s. Nr. 114a und 23a). Die Selbstregulation bewirkt zugleich die höhere Einheitlichkeit des Lebewesens.

Erst die Gesamtheit aller dieser Vorgänge stellt das Wesen des Lebens auf seiner niedersten Stufe dar, bezeichnet es ausreichend. Die diese Vorgänge bewirkende (NB. größtenteils unbekannte) chemisch-physikalische Struktur ist die spezifische Lebensstruktur. Diese Vorgänge gewähren dem Lebewesen das Vermögen der Selbsterhaltung im Stoffwechsel und trotz des Stoffwechsels, sowie durch die Selbstregulation auch im Wechsel der äußeren Umgebung. Die Selbstregulation schließt auch die Selbstanpassung, die Anpassung des Individuums an den Wechsel der Umgebung ein (s. Nr. 114a). Indem diese Vorgänge die Selbsterhaltung bewirken, sind sie „Leistungen", „Funktionen" im Dienste der Erhaltung des Lebewesens.

Es ist ein berechtigtes ja nötiges Streben, das allgemeinste Lebensgeschehen, den Stoff- und Kraftwechsel des Genaueren sowohl in seinem allgemeinsten wie im speziellen zu ermitteln und zu bezeichnen (Pflüger, Hofmeister, G. Hirth u. a. Nr. 139). Das dadurch Gewonnene und zu Gewinnende darf aber nicht für eine Definition des „Lebens im Ganzen" eines Individuums gehalten oder ausgegeben werden, wie es

Digitized by Google

jetzt geschieht, denn es wird durch diese Forderungen nur ein Teilgeschehen des Lebens, wenn auch ein Grundgeschehen, aufgeklärt, während nur die Gesamtheit der genannten Leistungen das „Wesen des Lebens" ausmacht. Für den exakten Forscher wird es wohl nie ein „einfaches", alle Lebenserscheinungen umfassendes „Lebensprinzip" geben, wenn er es auch immer aufs neue versuchen mag, alle Lebensleistungen von einer rein mechanistischen Wirkungsweise abzuleiten.

Die Teleologen haben eine vollständige und einheitliche Ableitung versucht, aber mit dem Ergebnis, ein zwecktätiges Agens anzunehmen und ihm all das verschiedenartige Einzelgeschehen in seiner typischen Determinierung und in der Regulierung zu übertragen (s. S. 89).

Lassen wir das Konkrete möglichst weg, so sind die Lebewesen im Minimum Naturkörper, welche sich aus in ihnen liegenden Ursachen verändern, gleichwohl aber auch aus in ihnen liegenden Ursachen eine Zeit lang relativ unverändert zu erhalten vermögen trotz des Wechsels des Stoffes der äußeren Umstände. Das ist die funktionelle Minimaldefinition des Lebens (s. Nr. 2a, Kap. 5 und Nr. 5, I, S. 387 u. f. II S. 76). Die Philosophen und manche Naturforscher versuchen noch Allgemeineres zu finden, ohne daß es ihnen aber gelungen wäre; sondern sie haben bei diesem Bestreben nur „wesentlichen" Inhalt verflüchtigt, Unbestimmtes und Unzureichendes, z. B. die Labilität, die bloß eine Folge der Selbstveränderung und Assimilation also des Stoffwechsels sowie auch der Selbstregulation ist, an Stelle dieses Bestimmten gesetzt etc. und darauf dann entsprechend unzureichende Theorien aufgebaut (Nr. 5, I. S. 387).

Die höheren Organismen haben zu diesem Minimum an elementaren „Funktionen" noch das Vermögen zur Selbstausbildung von vielerlei besonderen Gestaltungen sowie sonstigen, z. B. auch seelischen Eigenschaften einschließlich der teilweisen geistigen Selbstbestim-

Digitized by Google

mung; dazu kommt wieder das Vermögen zur Selbstübertragung also zur Vererbung dieser Eigenschaften derselben auf die Nachkommen durch „Selbstteilung“ und durch „Selbstentwicklung“ von einem scheinbar einfachen Übertragungszustande, vom Keimplasma aus.

Es gehört somit zum Wesentlichen der Lebewesen, daß sie die bestimmenden, determinierenden Bedingungen zur Hervorbringung des ihnen Eigentümlichen, Spezifischen in sich selber enthalten, daß sie Selbstdeterminationsprozesse sind. Sie gestalten also sich selber und erhalten auch sich selber (Nr. 5. II. S. 218; Genaueres s. Nr. 79).

Die Assimilation in ihren verschiedenen Hauptarten ist die Grundlage dieser Fähigkeit der Selbsterhaltung und die Vorbedingung der Selbstgestaltung der Einzelwesen, wie der Kontinuität der Lebewesen, denn die diese Leistungen vollziehende Substanz in all ihrer spezifischen Struktur muß im Stoffwechsel erneuert und außerdem vermehrt werden. Also sind auch nur der Assimilation fähige Variationen vererbbar (s. Nr. 5, I. S. 452 u. II. S. 62). Man kann in übertragener Bedeutung weiter sagen: Die Assimilation bewirkt eine Art von „materiellem Gedächtnis“ oder die Übertragung des Beharrungs-Gesetzes von einfachen Bewegungen auf die mit Stoffwechsel verbundenen Gestaltungsprozesse.

Dabei ist zugleich wohl alles Gestaltungsgeschehen durch doppelte Bestimmung gesichert (s. Nr. 5. I. S. 507, 530).

Die Urzeugung.

Mit E. Haeckel, Pflüger u. a. glaube ich, daß das Leben aus zufälligen, zunächst chemischen Vorkommnissen entstehen konnte und vielleicht so auf „natürliche“ Weise, „von selber“, das heißt: ohne Mitwirkung eines zwecktätigen Agens entstanden ist.

Digitized by Google

Haeckel nahm an, daß die anscheinend kernlosen Moneren die niederste Vorstufe des Lebens darstellen und nannte sie daher Probionten. Er nahm an, daß diese Gebilde als einfaches Plasson, als homogene chemische Substanz in früherer Periode der Erdgeschichte unter damals günstigen Verhältnissen auf einmal entstanden seien.

Diese rasche Entstehung erscheint mir unmöglich; und ich glaube, daß zur Bildung selbst dieser niedersten Stufe des Lebens schon eine langes Vorgeschehen mit einigen wohl charakterisierten qualitativen Zwischenstufen und sehr vielen kleinen graduellen Zwischenstufen von allmählich gesteigerter Selbsterhaltungsfähigkeit nötig war, speziell daß die erwähnten Grundfunktionen zum Teil sukzessive aufgetreten sind und in langsamer Züchtung von zufälligen Variationen zu größerer Mannigfaltigkeit und größerer Vollkommenheit der Selbsterhaltungsleistung des Gebildes verbessert worden sind. Ich habe diese Hypothese die Entstehung des ersten Lebens durch sukzessive Züchtung der Grundfunktionen genannt. Außerdem halte ich in Abweichung von Haeckel die Moneren, selbst wenn sie ganz kernlos sind, nicht mehr für Probionten sondern bereits für Lebewesen selber, aber von niederster Stufe.

Es sei gestattet, diese Hypothese der Urzeugung (s. Nr. 2a S. 229, **1881**, Nr. 5. I. S. 409, II. S. 76—86, 218, 318) etwas mehr detailliert hier zu reproduzieren, nachdem sie gleich der vorstehenden, durch die Selbstregulation vervollständigten Definition vom Wesen des Lebens fast allen Autoren, die über die Urzeugung des Lebens geschrieben haben, unbekannt geblieben ist. Sie steht in manchen Beziehungen zu dem Gesamtinhalt des obigen Vortrages.

Wir knüpfen an die Flamme an, denn diese zeigt bei eingehender Analyse viel mehr wesentliche Ähnlichkeiten mit einem Lebewesen als gemeinhin bekannt ist, obschon ihre Selbsterhaltung und ihr plötzliches Erlöschen der Anlaß sind,

Digitized by Google

daß sie bei allen Völkern als Gleichnis des Lebens gedient hat und noch dient.

Der Anfang dieser Art der Entstehung des Lebens mußte nach meiner Meinung das Auftreten von Prozessen sein, welche gleichzeitig außer der Selbstveränderung (dem Selbstverbrauch, Dissimilation) das Vermögen der Selbstwiederbildung des Unveränderten (Assimilation) und der Selbstausscheidung des Veränderten hatten. Zur Selbstassimilation gehört als Vorbedingung noch die Selbstaufnahme von Ersatzstoff (Nahrung). Ferner ist zur Ausbreitung und somit zur Erhaltung wesentlich, daß die Assimilation größer ist als die Dissimilation, sodaß die spezifische Lebenssubstanz vermehrt wird (Selbstwachstum). Da die „Flamme" diese vier resp. fünf Leistungen hat und bekanntlich von selber entstehen kann (Selbstentzündung chemischer Gemenge), so liegt auch nichts Prinzipielles gegen die Möglichkeit des gleichzeitigen Selbstentstehens der entsprechenden Grundfunktionen des Lebens vor. Diese Lebensprozesse laufen aber bei niederer Temperatur ab. E. Pflüger hat jedoch dargetan, daß die einfache chemische Assimilations- und Dissimilationssubstanz: die Cyanverbindungen, sowie auch andere wesentliche Träger des chemischen Lebensgeschehens, des jetzt nur bei niederer Temperatur existierenden Bestandteile lebenden Eiweißes: Kohlenwasserstoffe und Alkoholradikale in der Hitze entstehen können, so daß der chemische Grundprozeß des Lebens wirklich von der Flamme, also wohl schon aus der Zeit des glühenden Erdballs herstammen kann.

Die Flamme hat auch schon zwei funktionell und morphologisch wesentlich verschiedene Bestandteile, formal nicht ganz unähnlich der Zelle: den zentralen Teil (sogen. inneren dunklen Kegel), gleichsam den Kern, in welchem das Brenn-Material, z. B. Schwefel, Spiritus, Holz, Stearin unter Einwirkung der vom Rindenteil produzierten Wärme verflüchtigt ev. zerlegt und so zur Verbrennung geeignet vorbereitet, präassimiliert

Digitized by Google

wird, und den Rindenteil (die sogen. Hüllen), den Leib der Flamme, in welchem wie im Zellleib das spezifische Hauptgeschehen: die letzte Assimilation und die Verbrennung (Dissimilation) sowie auch die Selbstausscheidung vor sich geht (s. Nr. 5, II. S. 79). Die Flamme ist somit bereits ein Gebilde von typischem morphologischem Bau.

Die Differenzierung von Leib und Kern entsteht hier, weil der Sauerstoff zur Verbrennung allein von außen her zugeführt wird. Die Selbstausscheidung erfolgt oben an der Spitze (gleichsam dem After), auf der entgegengesetzten Seite von der Nahrungszufuhrstelle (gleichsam dem Mund); und zwar wird die Lage dieser Teile durch die Wirkung der Schwerkraft bestimmt, weil das erhitzte Material spezifisch leichter ist, also aufsteigt. Diese typischen Gestaltungen: Kern, Leib, Mund und After, sind somit durch Wirkung äußerer und zwar physikalischer Umstände determiniert: durch das Nuraußenvorhandensein der Luft und durch die Schwerkraft. Durch „Selbstdetermination" der Flamme geschehen bloß die Dissimilation und die Assimilation; auch diese Selbstbestimmung ist noch beschränkt (s. S. 112).

Alles dieses Typische entsteht bloß durch Zufuhr hoher Temperatur zum Brenn-Material und auf einmal. Deshalb kann ich den Einwand Aug. Weismanns nicht für berechtigt halten, daß ein diesem Gebilde entsprechender erster Grundstock des Lebens nicht „von selber" hätte entstehen können; und ebensowenig halte ich für richtig, daß ein solcher Grundstock nicht unter rein natürlichen Umständen durch Auftreten neuer Variationen allmählich bis zum vollen Range eines Lebewesens verbesserungsfähig gewesen wäre.

Da die materiellen Träger dieser kombinierten vier Vorgänge von der Umgebung verschiedene, also besondere und zwar der Selbsterhaltung fähige Gebilde darstellen, so verdienen ihre, diese Selbsterhaltung bewirkenden Vorgänge auch schon den Namen „Funk-

Digitized by Google

tionen", Leistungen, Verrichtungen für die Erhaltung des ganzen Gebildes.

Die Dissimilation, welche die notwendige Folge ja das Wesen jedes chemischen Geschehens ist, dient an sich nicht der Selbsterhaltung sondern ist Selbstzerstörung eines Selbsterhaltungsgebildes. Aber indirekt trägt sie doch zur Erhaltung der Lebewesen und der Flamme „in ihrer Eigenart" bei, indem sie den Stoff- und Kraftwechsel ermöglicht, welcher seinerseits die Vorbedingung der spezifischen Vorgänge ist, deren Gesamtheit das Leben darstellt. (Schon die einfachsten Selbsterhaltungs-Gebilde können daher auch in gewissem Sinne miteinander „kämpfen", indem das stärker selbsterhaltungsfähige Gebilde dem schwächeren die Bedingungen seiner Erhaltungsfähigkeit: Raum und Nahrung raubt, es so in seiner Sonderexistenz „vernichtet", tötet, wie ich dies an ungleich stark assimilierenden, in beschränktem Raum befindlichen Flammen direkt gezeigt habe (Nr. 111).

Ein Gebilde, welches bloß diese vier Elementarfunktionen: Selbstveränderung, Selbstaufnahme, Selbstanbildung (Assimilation) und Selbstausscheidung hat, werden wir noch nicht ein Lebewesen nennen; ich habe es nach der eigenartigsten Leistung, der Assimilation, als Isoplasson (Gleiches Bildner) bezeichnet*).

*) Die Physiologen haben sich naturgemäß zunächst um die Ableitung des allgemeinsten und einfachsten Lebensgeschehens, des Stoffwechsels bloß als solchen bemüht und von ihm eine chemische Definition, sowie der ihm zu Grunde liegenden Substanz, des lebenden Eiweißes zu gewinnen gesucht. Pflüger hat für die Entstehung der Grundsubstanz aus dem Feuer die oben angedeutete scharfsinnige Ableitung gegeben. Verworn (s. Allgemeine Physiologie) nennt das „lebende Eiweiß" im Sinne der bloß assimilierenden und dissimilierenden Substanz Biogen. Dieses ist also eine rein chemische Substanz, an der noch nicht einmal die hier an der Flamme unterschiedenen bereits morphologischen Teile: Kern, Rinde, Mund, After unterschieden werden. Es ist auch vielleicht anzunehmen, daß das reine Isoplasson im Organismus bei seiner feinen Vermischung mit Flüssigem diese feste gestaltliche Differenzierung noch nicht in dem

Digitized by Google

Die Flamme stellt also Isoplasson dar. Sie hat auch bereits das Vermögen zu einem gewissen Grade der Selbstregulation in der Aufnahme, Assimilation und Ausscheidung. Denn, wenn sie mehr verbraucht, bildet sie auch mehr Wärme, so daß mehr assimiliert und rascher ausgeschieden wird. Die Assimilation geht sogar bereits mit Überkompensation im Ersatze des Verbrauchten, mit Wachstum einher (s. S. 81 u. 85).

O. Bütschli glaubt irrtümlich (Nr. 130a), ich hielte jedes einzelne verbrennende Teilchen einer Flamme für Isoplasson. Zunächst ist die Flamme im Ganzen als Isoplasson zu bezeichnen, da sie ihr Nahrungsmaterial: Holz oder Paraffin etc. wieder in Flamme verwandelt. Aber man könnte analytisch auch einen senkrechten radiären Ausschnitt der Flamme als kleine Einheit annehmen und Isoplasson nennen, da in ihm alles Geschehen des Ganzen stattfindet. Formal ist er nicht für sich allein erhaltungsfähig, denn er würde sich sogleich wieder durch allseitige Sauerstoffaufnahme ringsum mit Verbrennungsschicht umgeben, also sich zu einer kleineren aber ganzen Flamme, zu einem Ganzen umgestalten (ähnlich wie manche isolierte erste Furchungszelle sich rundet und dadurch schon wieder ein ganzes Lebewesen darstellt (und sich auch als solches entwickelt, S. 68).

Gebilde, welche zu den Leistungen des Isoplasson noch die Fähigkeit der Reflexbewegung und der sogenannten Selbstbewegung haben, nannte ich nach dieser letzteren, vermutlich erst nach den vier anderen erworbenen Leistungen

---

Maße der Flamme nötig hat. Biogen und Isoplasson können daher wohl als identische Begriffe aufgefaßt werden. Ich halte meinen bereits vor Verworn gegebenen Namen aufrecht, weil er ein integrierendes Glied einer im Interesse der Analyse und Biogenese notwendig anzunehmenden systematischen Stufenfolge bezeichnet. Hering hat ähnlich wie seinerzeit ich (Nr. 2a), bei der chemischen Assimilation eine Selbstregulation angenommen und sie innere Selbststeuerung des Stoffwechsels genannt.

Digitized by Google

Autokineon (Selbstbeweger). Die sogen. Selbstbewegung ist im Grunde nur eine Reflexbewegung ohne uns bekannte auslösende Ursache. Große schlaffe Gasflammen haben auch schon Reflexbewegung; sie reagieren auf tönende Schallwellen hochgradig mit Gestaltveränderung. Kommt dazu noch die Auslösung eines aufgehäuften Vorrates von potentieller Energie, so ist die vollkommene Reflexbewegung niederer Lebewesen erreicht. Es scheint mir nichts entgegenzustehen, daß diese Leistung mit rein anorganischen Wirkungen hervorgebracht und rein anorganisch erworben sein könne, zumal, nachdem durch die Versuche von Berthold Quincke, Bütschli, Rhumbler (S. 61), Roux (Nr. 111,6) erkannt ist, daß den mannigfachen Bewegungen der Protisten sehr ähnliche Bewegungen von Tropfen durch von außen oder innen bewirkte Änderung der Oberflächenspannung hervorgebracht werden können. Auch daß ein Vorrat von Energie dabei aktiviert werden kann, ist nichts prinzipiell Besonderes. Solche Gebilde brauchen noch keine im einzelnen fest bestimmte typische morphologische Struktur des Ganzen durch Aufbau aus typisch geordneten, typisch verschiedenen Teilen; sie können noch eine im einzelnen variabele physikalische, z. B. wabenartige Mischung von nur wenigen chemischen Substanzen darstellen, von der jeder größere, zufällig mechanisch abgetrennte Teil wieder die genannten Eigenschaften des Ganzen hat.

Die Erhaltung und Züchtung dieses neuen Vermögens würde auf seinem Nutzen für die Selbsterhaltung beruhen, welcher darin besteht, daß die Bewegungen geringere oder größere Ortsveränderung des Gebildes in dem flüssigen Medium hervorbringen und damit, nach annähernder Erschöpfung der Nahrung in der unmittelbaren Umgebung durch längeres Verweilen am selben Ort, Besserung der Ernährungsgelegenheit bewirken. Besonders günstig ist es, wenn bei stärkerem Mangel an Nahrung diese Bewegungen in verstärktem

Digitized by Google

Maße ausgelöst werden, womit eine weitere Selbstregulation gegeben wäre (s. Nr. 4 S. 220 oder Nr. 5 I S. 398). Auch diese wäre wohl noch rein chemisch, ohne typisch feste morphologische Struktur des ganzen Gebildes möglich.

Isoplasson und Autokineon stellen die nötigen Vorstufen der niedersten Lebewesen also die **wirklichen Probionten** dar.

Gebilde dagegen, welche zu den Eigenschaften des Autokineon noch die Fähigkeit zu denjenigen typisch geordneten Selbstbewegungen haben, die zur „typischen Selbstteilung" durch „Halbierung", Viertelung etc. erforderlich sind, und welche neben den anderen Eigenschaften auch dieses Vermögen auf die Teilstücke übertragen, also vererben, würde ich bereits als **wirkliche Lebewesen niederster Stufe** betrachten. Ich nannte sie nach der zuletzt erwähnten, jedenfalls auch zuletzt erworbenen Eigenschaft **Automerizonten** (Selbstteiler). Solche Gebilde sind Haeckels Moneren, soweit sie kernlos sind und noch keine Membran bilden. Auch sind sie schon von verschiedenen Autoren innerhalb der höheren Organismen aufgefunden und als niederste Lebenseinheiten gewürdigt worden (Wiesner's Plasomen, Weismann's Biophoren, de Vries' Pangene u. a.).

Der Nutzen der Selbstteilung und damit die Ursache der Züchtung besteht darin, daß Verkleinerung eines bis zu einem gewissen Maße herangewachsenen, nicht mit besonderen Organen zur Nahrungsaufnahme ausgerüsteten Gebildes durch die mit der Teilung verbundene relative Vergrößerung der Oberfläche eine Verbesserung der Nahrungsaufnahme herstellt, sowie daß durch die Verkleinerung des Ganzen die Verteilung der Nahrung im ganzen Inneren erleichtert wird.

Auch die Fähigkeit der Selbstteilung kann durch zufällige kleine Variationen erworben und in großen Zeiträumen allmählich in typischer Weise vervollkommnet und befestigt gedacht werden, und ich habe wieder die Vermutung ge-

Digitized by Google

hegt (1885 Nr. 56 S. 29, Nr. 5 II. S. 311), daß die Oberflächenspannung das Ausgangsagens gewesen ist, indem durch starke Ungleichheiten der Oberflächenspannung die erste Selbstteilung in ungleiche (ev. sogar in gleich große) Stücke bewirkt wurde, in ähnlicher Weise, wie dies bei der Zerteilung und Emulgierung eines Fetttropfens geschieht, welcher auf Sodalösung getan worden ist*), oder wie ein Spiritustropfen auf Wasser zerrissen wird. Diese unregelmäßige Leistung könnte wieder einem strukturell im einzelnen nicht typisch bestimmt beschaffenen Gebilde zukommen und daher auch bei der Teilung desselben in Stücke sich mit der chemischen Assimilation und mit den anderen Leistungen ohne weiteres auf die Teilstücke übertragen. Die „chemische" Assimilation bewirkt also auch hier noch allein die Vererbung, die Übertragung auf die Teile. Alles besondere an sichtbarer Gestalt und Struktur des Prozeßgebildes ist nur wenig typisch und bisher nur durch äußere Umstände bewirkt.

Es wäre wieder eine durch zufällige Variationen mögliche Selbstregulation, wenn diese zur Selbstteilung führenden Bewegungen heftiger würden, sofern der Tropfen zu groß geworden ist, als daß die aufgenommene Nahrung durch Diffusion oder die sonstigen Bewegungen noch angemessen im ganzen Gebilde verteilt werden könnte. Ungenügende Ernährung würde also, entsprechend dem auf Seite 84 dargelegten mechanistischen Wirkungsprinzip zur Bildung von Stoffen führen, welche den Emulgierungskoeffizienten erhöhen.

Eine regelmäßig stattfindende „Halbierung" würde aber schon etwas morphologisch sehr Bestimmtes dar-

*) Ich hatte damals erwähnt, daß sogar typische Halbierung durch nur minimale, eben zu weiterer Teilung ausreichende Erhöhung des Emulgierungskoeffizienten bewirkt werden kann. Die Vorbedingungen dazu scheinen aber nach meinen bezüglichen Versuchen doch recht subtile, kaum ohne mancherlei weitere genauere Determinationen möglich zu sein.

Digitized by Google

stellen, (das z. B. bei der Teilung von Mikrokokken, Bakterien, sowie der Chromosomen des Zellkerns vorkommt). Ich glaube, daß diese typische Leistung bereits etwas in seiner Eigenart Neues, nämlich typisch gestaltendes physikalisches Geschehen zur Entstehung, Erhaltung und zur Übertragung auf die Nachkommen voraussetzt.

Typisch gestaltendes Geschehen findet nun weiterhin bei der Bildung eines abgegrenzten Kernes, einer Zellenmembran und in viel komplizierterer und genauerer Weise bei der indirekten Kernteilung, sowie bei der Bildung und Vererbung aller anderen typischen morphologischen Differenzierungen statt.

Diese an das Automerizon sich anschließenden höheren Stufen von Lebewesen, welche also außer den Leistungen des Automerizon noch allerhand besondere gestaltende Leistungen in vererbbarer Form vollziehen, können nach diesen Idio-Autoplassonten (Selbstgestalter) oder kurz bloß Idioplassonten (Gestaltungsstoffe) heißen. Sie kommen ihren Leistungen nach in überaus verschiedenen Variationen vor. Der von Nägeli gegebene Name Idioplasson erhält damit einen genaueren Inhalt*).

Wenn eine spezifische, physikalische Eigenstruktur in dem Selbsterhaltungsgebilde entstanden ist, und wenn diese

*) Da die niedersten Lebewesen: Moneren und Amöben, alle die genannten Grundfunktionen aber nichts von dem Vermögen zu den höheren typischen Gestaltungen von den Infusorien und Radiolarien bis zum Menschen haben, so sind diese Gestaltungen also als etwas Besonderes, zu den Grundfunktionen erst nachträglich Hinzugekommenes, nicht schon in diesen mit Notwendigkeit Eingeschlossenes aufzufassen. Darauf gründet sich die Aussicht, daß diese höheren gestaltlichen Leistungen zum Teil auch durch besondere Wirkungsweisen bedingt und daher auch eine Strecke weit für sich erforschbar sind, ohne daß vorher notwendig erst ein tieferer Einblick in das Geschehen der Grundfunktionen, insbesondere der Assimilationsarten gewonnen sein muß, wennschon diese Funktionen die notwendige Vorbedingung der anderen sein werden (Nr. 23).

Digitized by Google

vom Gebilde selber immer neu erzeugt wird, wie es in den meisten Zellen der Fall ist, und wenn sie auf die durch Selbstteilung hergestellten Teilstücke übertragen, vererbt wird, tritt zu der vorher bloß chemischen Assimilation eine neue Art der Assimilation hinzu: die morphologische Assimilation (Nr. 5, II. S. 80, 1022), welche durch physikalische Faktoren determiniert werden muß. Auf ihr beruht dann in erster Instanz die Vererbung der morphologischen Charaktere, somit die morphologische Vererbung, die zu der durch die chemische Assimilation bewirkten, chemischen Vererbung hinzutritt. Auch dieses vielartige Neue kann von geringster Stufe morphologischer Selbstgestaltung ausgehend, ganz allmählich, aber wohl nur in sehr großen Zeiträumen erworben, gesteigert und vervollkommnet worden sein.

Die Entstehung dieser morphologischen Strukturen, sowie der morphologischen Assimilation stellen also ein Gebiet wesentlich anderer Leistungen dar, als das Gebiet der rein chemischen Strukturen und der allein durch diese determinierten physikalischen Gestaltungen (die Gestalt der Krystalle). So überschreitet es nach meiner Meinung sicher die rein chemische Leistungsfähigkeit, wenn z. B. aus denselben sieben Gewebstypen die verschiedenen Organismen des Wirbeltierstammes oder aus derselben Zellenart als Hauptbausteinen, z. B. aus den Muskelzellen die in typischer Weise verschieden gestalteten und gelagerten Muskeln des Körpers aufgebaut werden. Wo diese, von manchen überhaupt geleugnete Grenze zwischen chemischen und physikalischen Gestaltungen liegt, und wieweit sie etwa durch die physikalische Chemie allmählich mehr nach dem Gebiete des komplizierteren, allgemeiner für „rein physikalisch“. beurteilten Gestaltens hin verschoben werden mag, steht hier nicht zur Erörterung. Manche Biochemiker glauben irrtümlicherweise, daß alle organische Gestaltung in letzter Instanz rein chemisch bedingt, also auch chemisch „determiniert“ sei.

Digitized by Google

Die Probleme der chemischen und morphologischen Assimilation.

Indem wir hier von der weiteren Erörterung dieser Differenz absehen, ist es für uns die Hauptsache, ein Urteil darüber zu gewinnen, wie die im Gebiete des anorganischen chemisch-physikalischen Geschehens nicht vorkommenden typischen Strukturen entstehen konnten, ferner wie sie im Stoffwechsel von sich aus erhalten und vervielfältigt, sowie bei der Teilung auf die Nachkommen übertragen werden können.

Über die ursprüngliche Entstehung dieser typischen Strukturen können wir gegenwärtig nur das Prinzipielle betreffende Vermutungen hegen und diese in Zukunft allmählich durch Experimente und sonstige Erfahrungen prüfen und verbessern (s. Nr. 36 Probiologie).

Ich habe früher dargelegt, daß es „Selbstassimilation" im „analytischen" Sinne, also in dem Sinne, daß ein bei der Assimilation mitwirkender Teil ihm selber Gleiches bilde, nicht geben kann, sondern daß immer erst ein bestimmt gebauter „Komplex verschiedener Teile" wieder denselben Komplex bilden kann (s. Nr. 5 II. S. 79 u. Nr. 79a S. 432).

Driesch hat danach gleichfalls die große Schwierigkeit der morphologischen Assimilation gewürdigt. Er hält die morphologische Assimilation geradezu für nicht rein mechanistisch ableitbar und sieht in ihr sowie in der Selbstvermehrung der Struktur und in der Selbstregulation die, wie er glaubt, sicheren Argumente für die teleologische Entstehung der Lebewesen (s. Nr. 147).

Daß Selbstassimilation im analytischen Sinne nicht möglich ist, beruht darauf, daß, von der bloß räumlichen Fortpflanzung von Bewegungen, z. B. des Lichts, abgesehen, bei jedem einzelnen Wirken nicht „dem Wirkenden Gleiches" entsteht, sondern davon verschiedenes Geschehen hervor-

Digitized by Google

gebracht wird. „Wirken" ist im analytischen Sinne daher zugleich „ändern". Dies ist die letzte Ursache des *πάντα ῥεῖ* des Heraklit, des „Alles fließt", und damit des ewigen Entstehens und Vergehens*). Deshalb ist die Selbstassimilation nur unter ganz besonderen Verhältnissen möglich. Das aber andererseits dieselben Ausgangsbedingungen immer dasselbe, also früher Produziertem Gleiches hervorbringen, ist selbstverständlich, ist die Grundlage der Kausalität. Das organische Assimilations-Problem besteht demnach darin, daß immer dieselben Ausgangsbedingungen zur Entstehung „eines Gebildes" von einem „ihm gleichen Gebilde" determiniert und hergestellt werden. Solches kann nur ein ganz bestimmt kombinierter, geschlossener Komplex von Ursachen leisten (den wir Isoplasson nannten). Das Keimplasma des Individuums ist also jedenfalls im Ganzen solch ein Assimilationskomplex und besteht wohl selber wieder aus der typischen Kombination mehrerer oder vieler Assimilationskomplexe zweiter und dritter Ordnung.

Wir wollen uns dieses schwierige Problem noch etwas zu verdeutlichen suchen und zwar wieder an der Hand seines einfachsten Beispieles, der Flamme.

Bei der Assimilation der Flamme ist es sicher, daß die Mithilfe eines zwecktätigen Wesens nicht unbedingt erfor-

*) Da dagegen die Entwicklung etwas Neues, vom Früheren Verschiedenes bildete, ist sie prinzipiell viel leichter zu verstehen als die Assimilation. Und je länger das Wirken dauert, um so mehr Mannigfaltigkeit wird produziert. Das hat schon H. Spencer erkannt. In diesem Sinne ist Entwicklung oder Produktion von Mannigfaltigkeit die notwendige Folge des meisten Wirkens. Ihr entgegen steht die Verminderung von Mannigfaltigkeit durch Dissipation der Energie sowie die Verminderung der sichtbaren Mannigfaltigkeit, z. B. der Abtragung der Gebirge durch Abspülung, überhaupt die Detritusbildung etc. (Anschließendes siehe in G. Hirth's Schrift über energetische Epigenesis Nr. 139). Das Besondere der Organismen besteht also gerade darin, daß dieselbe Art der Mannigfaltigkeit von dem Keime produziert wird; und dies beruht auf der Selbstassimilation und qualitativen Halbierung des Keimplasma.

Digitized by Google

derlich ist, da die Flamme durch Selbstentzündung entsteht und sich selber erhalten kann; wenn auch andererseits bei unseren wohlregulierten Kerzen- und Lampenflammen Intelligenz mittätig war und ist: phylogenetisch bei der Erfindung der Kerzen und der Lampen, ontogenetisch bei der Neuherstellung, resp. Füllung und Anzündung derselben.

Betrachten wir daher die Assimilation der Flamme nochmals und zwar diesmal statt deskriptiv wirkungs-analytisch.

Die Selbstforterzeugung der Flamme durch Selbstassimilation derselben ist zunächst chemische Assimilation, zugleich aber auch morphologische Assimilation, denn es wird beim Verbrennen einer Kerze stundenlang aus immer neuem Stoffe immer ein dem früheren nicht bloß chemisch gleich beschaffenes sondern auch gleich gestaltetes Gebilde hervorgebracht. Wir haben also außer der vollkommenen chemischen auch vollkommene morphologische Assimilation. Aus der Analyse dieser Vorgänge können wir lernen, wie diese beiden Arten der Assimilation möglich sind, und worauf ihre Bildung im vorliegenden Falle beruht.

Die chemische Assimilation der Flamme ist nicht im analytischen Sinne „Selbstassimilation". Denn auch bei der einfachsten Flamme, z. B. der Wasserstoffgasflamme bildet der innere Kegel nicht sich selber neu, sondern er ist bloß die Stelle, an der das neu zugeführte Gas vorgewärmt wird. Ebenso reproduziert die leuchtende Hülle nicht sich selber, sondern sie produziert nur die Wärme, welche das Wasserstoffgas des inneren Kegels zur Sauerstoffgasaufnahme geeignet macht. Beide Gase treten in dem Maße, als das verbrannte und noch verbrennende Gas weggeführt wird, an immer derselben Stelle „infolge ihrer Nachbarschaft, also infolge der räumlichen Bedingungen" neu zusammen und bilden dadurch erst „von sich aus" ganz aufs neue die glühende Hülle. Im Wesentlichen ebenso ist es mit den Teilen der komplizierteren Kerzenflamme. Der innere dunkele Kegel ist nur die Bildungsstätte der Gase aus den schon im Dochte durch

Digitized by Google

die Hitze gebildeten Destillationsprodukten; keines dieser vermehrt sich selber. Und in der leuchtenden Hülle treten diese erhitzten Gase wieder stets aufs neue mit neuem Sauerstoff zusammen.*)

Also kein Teilgeschehen „assimiliert" wirklich; sondern bestimmte Bedingungen sind stetig in gleicher Weise tätig und erzeugen daher fort und fort dasselbe, somit den früheren Produkten Gleiches. Das Wort „Selbstassimilation" ist also im analytischen Sinne prinzipiell unzulässig, ja es ist, wie wir sehen, nicht einmal für die „Flamme im Ganzen" richtig. Denn zu deren gestaltlicher Erhaltung ist die Schwerkraft, welche die Ausscheidung besorgt und die sauerstoffhaltige Umgebung determinierend nötig. Beide sind also zum „selbstassimilierenden Ganzen" mitzurechnen, welches somit nicht nur bloß die Flamme umfaßt, und dessen Determinationskomplex nicht so scharf abgegrenzt ist, wie derjenige des Organismus. Aber immerhin existiert ersterer Komplex doch und ist rein mechanistisch assimilierend tätig.

Die chemische Assimilation an sich hat nur eine ausreichende (mehr oder weniger gute) Sonderung von Zufuhrstelle und Abfuhrstelle und damit Abfuhr nötig, nicht aber konstante relative Lage beider zueinander.

Das Konstante, welches zur morphologischen Assimilation der Flamme, zur gleichmäßigen Gestaltbildung, dem sogen. ruhigen Brennen nötig ist, besteht in festem Lageverhältnis von Zu- und Abfuhrstelle, wie es durch die erwähnten Umstände der gleichmäßig vorhandenen und wirkenden Schwerkraft etc. hergestellt wird, sowie in der Gleichmäßigkeit des Dochtes und des Brennmateriales und in ruhiger, windstiller Umgebung, also durchaus in äußeren Momenten.

---

*) Zur chemischen Assimilation halten Chemiker „katalytisch" wirkende Stoffe, welche mitwirken ohne sich zu verbrauchen, für nötig. Das ist, wie wir sehen, hier nicht nötig. Dadurch wird aber nicht ausgeschlossen, daß es in den Lebewesen vorkommt. Doch ist auch dies erst noch zu ermitteln.

Digitized by Google

Anders ist es bei der morphologischen Assimilation des Organismus. Der Organismus erzeugt die seine Gestaltung „determinierenden" Bedingungen alle oder fast alle in sich selber, wobei nur Nebensächliches, nicht zur Entwickelung als solcher überhaupt Nötiges von außen determiniert wird (Nr. 79). Darin liegt die Hauptschwierigkeit der „morphologischen" Assimilation der Organismen.

Dies haben wir hier nur aufzuzeigen. Die Lösung wird, soweit sie überhaupt gelingt, viel Nachdenken und viele Experimente zur künstlichen Herstellung von Selbstassimilationsgebilden solcher Art erfordern. Aber es ist nicht zulässig, jetzt schon zu urteilen, daß eine mechanistische Lösung dieses Problems unmöglich sei, daß zu diesem Geschehen eine zwecktätige Intelligenz nötig wäre (s. S. 88).

Wenn wir erst von dem gestaltlichen Geschehen im Organismus erheblich mehr wissen, werden wir damit auch seiner morphologischen Assimilation etwas näher treten. Der Nutzen der morphologischen Assimilation für die Erhaltung ist selbstverständlich, wenn es sich um Gestaltungen handelt, die die Selbsterhaltung des Einzelwesens steigern; denn dann ist auch ihre Forterzeugung im Einzelwesen und die Übertragung auf die Nachkommen dauerfördend, also züchtbar*).

Alle neuen Gestaltungen der Lebewesen von den Infusorien oder Radiolarien bis zum Menschen schließen meiner

*) Doch ist es ein leider sehr verbreiteter Irrtum, auf dem viele unzutreffenden Einwendungen gegen die Selektionstheorie beruhen, es wäre nach der Selektionslehre nötig, daß jede „konstante formale Einzelheit" einen Nutzen für das Individuum haben, also zu seiner Selbsterhaltung beitragen müßte. Das ist nicht nötig, selbst wenn diese Einzelheiten Artcharaktere darstellen. Es reicht zur ersten Entstehung und zur weiteren Ausbildung dieser formalen Einzelheiten aus, daß sie das entwicklungsmechanische gestaltliche Nebenprodukt einer nützlichen und darum gezüchteten Variation des Keimplasmas sind. Dadurch werden sie miterhalten und irgendwie ausgebildet, sofern sie selber nichts schaden und nicht viel Nahrung kosten.

Digitized by Google

Meinung nach nichts so prinzipiell Neues, Elementares mehr ein, wie die morphologische Assimilation es schon auf der Stufe dieser niederen Lebewesen darstellt.

Was die Vererbung auf die Nachkommen angeht, so wissen wir, daß zur Übertragung der chemischen und morphologischen Strukturen eine ihrer sichtbaren Beschaffenheit nach sehr einfache Substanz, das Keimplasma, dient, welche fähig ist, wieder das ganze entwickelte Lebewesen aus sich heraus zu bilden. Die Übertragung geschieht durch die Selbtsvermehrung (Assimilation) und Selbstteilung dieser Substanz. Letztere wird seitens des Zellkerns, der der Hauptträger der Vererbungsstruktur ist, durch den Mechanismus der indirekten Kernteilung vollzogen. Von diesem Mechanismus habe ich s. Z. dargetan, daß er unter gewissen günstigen Größenverhältnissen für sich allein schon zu einer mechanischen Halbierung der Menge jeder einzelnen im Kern enthaltenen Stoffqualität geeignet ist*), eine Leistung, die ich qualitative Halbierung nannte (1885, Nr. 56 oder Nr. 5, II. S. 309).

Für Gemenge chemischer Substanzen hat diese Art der Halbierung nichts schwer Vorstellbares. Anders ist es mit Gebilden, welche außer der chemischen noch eine typische physikalische Struktur haben, wie wir sie als implizite Struktur dem Keimplasma zuerkennen müssen, sei sie nun wenig oder sehr hochgradig kompliziert. Man hat gefragt, wie könnte es möglich sein, eine solche Struktur zu halbieren?

*) Außerdem stellt der Mechanismus der indirekten Kernteilung bei Mitwirkung bestimmter sondernder Kräfte in den sich teilenden Chromosomen die mechanischen Bedingungen zur „Durchführung" von bestimmter „qualitativ ungleicher Teilung" sowie der qualitativen Halbierung unter sehr komplizierten Verhältnissen durch die ganze Masse des Kerns und zur richtigen Überführung der verschiedenen Qualitäten in die zugehörige der beiden neuen Zellen dar. Letzteren Falles muß natürlich von dem Zellleib eine einstellende Wirkung auf die bestimmt qualifizierten, ihm zuzuführenden Tochterschleifen ausgeübt werden.

Digitized by Google

Das ist aber eine falsche Fragestellung, denn das soll gar nicht geschehen, im Gegenteil sie soll verdoppelt werden. Sie muß also vor der Teilung doppelt gebildet worden sein. Wir nehmen an, daß die primären kleinsten und die aus ihnen durch typische Anordnung hergestellten sekundären Assimilationskomplexe bei der indirekten Kernteilung überhaupt nicht aufgelöst werden, daß sie also so klein sind, daß jeder Komplex nach seiner Verdoppelung in den Tochter-Chromosomen Platz hat. Danach würde also höchstens (aber auch nicht sicher) nur der tertiäre oder quaternäre Assimilationskomplex des Vollkeimplasmas, der ein ganzes Lebewesen, eingeschlechtlich bestimmt, enthält, bei der Zerlegung des Chromatins in Chromosomen strukturell geteilt werden. Nach jeder solchen Teilung des Kerns muß das dabei geteilte Zusammengehörige natürlich wieder sich passend zusammenfügen. Solche Zerteilung kommt aber vielleicht infolge genügender Kleinheit des Komplexes auch nicht vor. Denn daß die Teile, welche Träger der implizierten Struktur sind, und selbst vielleicht auch die ein ganzes Keimplassonmolekül darstellenden, überaus klein sein müssen, geht schon aus der vielfach wechselnden „sichtbaren" Struktur des Kerngerüstes hervor, die in der sogenannten Ruhe, sowie vor, bei und nach der Kernteilung sich in solcher Weise ändert, daß vielfache Trennungen und Umordnungen vorkommen, ohne daß jedoch die Leistungsfähigkeit des Kerns dadurch zerstört würde. Und zweitens, weil die bei der indirekten Kernteilung allein erkennbar veränderte „sichtbare" Kernstruktur in den Zellen der verschiedenen Gewebe und Organe gar nichts derartig typisch Verschiedenes hat, daß in ihr die notwendig anzunehmende typische besondere Verschiedenheit der die Leistungen des Kerns determinierenden Struktur erblickt werden könnte.

Die sichtbare Kernstruktur und ihre mannigfachen Veränderungen haben also keinen wesentlichen „determinierenden", sondern wohl nur ausführenden Einfluß auf das Gestaltungsvermögen des Kerns. Die auf die Gestal-

Digitized by Google

tung determinierend wirkende Kernstruktur muß also in unsichtbar kleinen Teilen ausreichend enthalten sein und braucht daher auch bei der Aufteilung des Kernes in die Chromosomen nicht gestört zu werden, oder die eventuellen geringen Alterationen werden danach durch Selbstordnung wieder ausgeglichen.*)

So sehen wir auch in dem Problem der Sonderung einer verdoppelten Struktur nichts mechanistisch Unmögliches.

Aber auch die allgemeine Leistung der „qualitativen Halbierung kann nur überaus langsam in ausreichendem Maße erworben worden sein; und dies muß im Speziellen stets zusammen mit der fortschreitenden Ausbildung typischer morphologischer Gestaltungen und ihrer Assimilation geschehen sein. Nachdem aber erst einmal der „allgemeine Teilungsmechanismus" solcher Doppelstrukturen erworben war, war für die Sonderung der ursächlichen impliziten Strukturverhältnisse neuer formaler Charaktere nur die Erwerbung der innerhalb der Chromosomen etc. wirkenden Mechanismen nötig. Aber die im Keimplasma enthaltene implizite strukturelle Ursache für jede neue formale entwickelte Eigenschaft mußte die wunderbare Fähigkeit der morphologischen Assimilation der Erhaltung im Stoffwechsel und der morphologischen Vermehrung haben. Dazu gehörten noch die eventuellen Regulationen für die Sicherung ihrer Entwickelung, und schließlich vielleicht sogar noch die morphologische Assimilation auch des daraus hervorgegangenen „Entwickelten". Das mußte alles harmonisch zusammenpassen. Aus dieser notwendigen Harmonie beim Auftreten neuer Eigenschaften entnehmen die Antiselektionisten „sichere Beweise"

*) Zu der in den Mutterchromosomen vor ihrer Längsspaltung stattfindenden Sonderung sind aber unter diesen Annahmen stets bestimmt sondernde Wirkungen selbst zur qualitativen Halbierung nötig; hierbei genügt dann nicht mehr die rein mechanische Halbierung der Dicke des Fadens an jeder einzelnen Stelle seiner Länge (s. Nr. 5 II. S. 309).

Digitized by Google

für die Unmöglichkeit der Entstehung durch zufällige Variationen und Auslese und somit für die Notwendigkeit einer Intelligenz zur Herstellung dieser „prästabilierten Harmonie" (Nr. 2a. S. 402. Nr. 5, I. S. 376, 446). Die Nichtvererbung vieler neuer Variationen spricht anscheinend dafür.

Da aber jetzt auch vererbliche Variationen des Keimplasma „künstlich" hervorgebracht worden sind, so ist es ein Beweis, daß dieses gleichzeitig vierfache harmonische Geschehen: der morphologischen Assimilation der neuen Keimplasmavarietät, ihrer Verdoppelung vor der Teilung, der richtigen Teilung und Überführung des verdoppelten und der Entwickelung desselben mit den anderen früheren Teilen doch mechanistisch möglich ist (oder wir müssen annehmen, daß die „gestaltende Seele" unseren Intentionen gehorsam folgt).

Das ist der große Wert der Experimente von Standfuß und E. Fischer (Nr. 110), den sie auch bei Nichtanerkennung der Übertragung vom Soma erworbener Eigenschaften auf die Nachkommen behalten. Entsprechende Bedeutung haben auch manche Experimente der Botaniker.

Mit der gegebenen qualitativen Halbierung des nach Weisman kontinuierlichen, also nur durch Assimilation vermehrten Keimplasmas ist dann die Vererbung der blastogenen Eigenschaften kein besonderes Problem mehr, sondern eine mechanische Notwendigkeit. Denn daß eine „bestimmt" beschaffene Substanz, die nacheinander Neues produziert, von sich aus, also wenn sie nicht von außen alteriert wird, dieses Neue auch immer in derselben, also in bestimmter Weise produziert, ist selbstverständlich. Als neu ist also bei der „Entwickelung" des Keimplasmas bloß hinzugekommen, daß eine große Folge hindurch nacheinander Neues geschaffen wird, statt daß sogleich das Endresultat gebildet wird. Das leistet aber unser auf Seite 99 erwähnter Komplex von Brotteigkugeln, die mit verschiedenen Mengen von Hefe oder Hirschhornsalz versetzt waren, gleichfalls.

Digitized by Google

Denkbare Einschränkung des Vorkommens der morphologischen Assimilation.

Es wäre in gewissem Sinne das Einfachste, daß die differenzierte Struktur, also die explizite Struktur im mehr oder weniger oder ganz „entwickelten" Organismus, sich nicht selber vermehrte, sondern daß sie stets von keimplasmahaltigen Matrices aus neu hergestellt würde.

Dabei wäre es nebensächlich, ob dieses Keimplasma in einer besonderen Lage von Zellen, z. B. dem Rete Malpighi, oder im Kern der einzelnen Zellen, oder auch im Zellleib, sei es nur um den Kern herum angehäuft oder in sichtbarer oder unsichtbarer Form im ganzen Zellleib verteilt, vorhanden ist. Ich erinnere an den somatischen Kern und an den Chromidialapparat (Nr. 149). Je nachdem hätten nur die speziellen Gestaltungs- und Regulationsmechanismen andere zu sein. Es wird natürlich sehr vieler Arbeit bedürfen, um diese Denkmöglichkeit ausreichend auf ihre sachliche Berechtigung zu prüfen.

Die von Matrices aus erfolgende Bildung der Epidermis, des Knochengewebes etc., ebenso die Art der Vermehrung des Muskelgewebes, überhaupt die Art der Beteiligung des Zellkernes an dem Leben der Zelle und an der Vermehrung der Zellen (nach E. Korschelt, Haberlandt, R. Hertwig u. a.) können im Sinne dieser Art der Vermehrung der expliziten Struktur gedeutet werden. Dieser Modus des Wachstums ist dann kein „Selbstwachstum" der vergrößerten oder vermehrten „entwickelten" „Teile" mehr, sondern passives Wachstum derselben nach meiner Definition (s. Nr. 82). Diese Art des Wachstums machte die „morphologische Assimilation" für die Vermehrung alles explizite Differenzierten überflüssig. Es bliebe bloß morphologische Assimilation für die Vermehrung der „impliziten Struktur" desKeimplasson nötig. Das wäre quantitativ eine große Vereinfachung, prinzipiell aber nicht, da im Keimplasma auch eine typische morphologische Struktur vorhanden ist

Digitized by Google

und bei seiner Vermehrung sehr genau von ihm selber reproduziert werden muß. Nur wenn auch diese primäre Ausgangsstruktur relativ „einfach" wäre, wäre diese dann einzig vorkommende morphologische Assimilation selber entsprechend einfach. Es gäbe also für jedes Lebewesen aber nur „eine" Art der morphologischen Assimilation, die des Keimplasmas. Die gestaltliche Assimilation des Entwickelten (Expliziten) dagegen, das Wachstum der „entwickelten Teile" im analytischen Sinne vom Selbstwachstum dieser Teile existierte nicht, sondern wäre durch fortgesetzte Entwickelung ersetzt. Diese müßte aber natürlich in steter Fühlung und Wechselwirkung mit dem bereits Entwickelten vor sich gehen, wie es oben (S. 69 und Nr. 123) angedeutet ist, was zwar eine weitere, sehr schwierig vorstellbare, aber auch sonst schon nötige, gestaltende Wirkungsfähigkeit darstellt.

Es bliebe nun außer den besprochenen Leistungen für die Entstehung und Reproduktion der Lebewesen noch das schwierige Problem der morphologischen Selbstregulation, auf welcher auch die Konstanz der Arten beruht (Nr. 2a u. Nr. 5, I. 224, 337, 455).

Diese Selbstregulation stellt zunächst etwas ihrer Art nach wesentlich neues Morphologisches dar (Nrr. 2a, 23a und 114a). Dieses Neue mußte phylogenetisch gradatim und wie die Selbstregulation der Erhaltungsfunktionen immer schon mit den bezüglichen zu regulierenden Funktionen zugleich gezüchtet worden sein. Zu diesen Regulationen gehören z. B. die gleichfalls rätselvollen, aber wie wir auf S. 83 u. f. sahen, doch wieder nur im besonderen unbekannten, nicht prinzipiell unlösbaren gestaltlichen Wirkungen zwischen der expliziten Gestaltung des z. B. durch Defekt alterierten Körpers und dem Gestaltungsvermögen des Keimplasmas. Alle diese Korrelationen fallen aber dann in dieselbe Art von Wechselwirkungen, wie wir sie bei Abschaffung der Selbstassimilation und des Selbstwachstums der „ex-

Digitized by Google

pliziten" Teile auch schon für die typische Gestaltung anzunehmen haben. Sie müßten genetisch von diesen ausgehen und Modifikationen dieser darstellen, welche aber als Neues die Regulationen vollbringen können. Damit wäre immerhin eine Vereinfachung gewonnen, indem die wunderbaren morphologischen Selbstregulationen von derselben Art von Wirkungen abgeleitet würden, welche auch die typische Entwickelung vollziehen.

Das wäre die Übersicht über die großen Hauptgruppen von gestaltenden Wirkungsweisen der Organismen von den initialen einfachsten, noch rein anorganisch chemisch-physikalischen bis zu den komplexesten spezifisch organischen, in die wir zurzeit das organische Gestaltungsgeschehen in seiner Gesamtheit zerlegen können, wobei wir noch von manchem Spezielleren, wie Entstehung somatogener Variationen und ihrer angeblichen Vererbung etc. abgesehen haben (s. auch Nr. 79). Diese Gruppen müssen in ihre zum Teil außerordentlich mannigfachen Spezialwirkungsweisen zerlegt werden, worüber spätere Vorträge handeln werden.

Die Realität resp. der Anteil der einen Gruppe (der Assimilation der „expliziten" Struktur), der Hauptumfang der Wirkung anderer (der Anteil des Keimplasma am bloßen Wachstum der „expliziten" Struktur und der Anteil der gestaltenden Korrelationen zwischen dem Ganzen und seinen Teilen) sind noch sehr zweifelhaft. Deshalb empfiehlt es sich nicht, bereits bestimmte Urteile über das Spezialgeschehen abzugeben, und eine detaillierte Theorie darüber auszuarbeiten. Das Allgemeine und Spezielle müssen gemeinsam an Kenntnis und Hypothesen gefördert und immer eines in Zusammenstimmung zu dem derzeitigen Stande des anderen formuliert werden.

Mit dieser Übersicht über die allgemeinsten Probleme des organischen Gestaltens ist zugleich die Skizzierung einer Reihenfolge gegeben, in der diese Gestaltungsvorgänge bei „natürlicher" Entstehung des Lebensgeschehens sukzessive

Digitized by Google

aufgetreten und gezüchtet und so als bleibender Besitz der Lebewesen erworben worden sein können. Wenn wir auch von dem wirklichen Geschehen nichts wissen, so haben wir hier wenigstens eine Reihenfolge, die aus lauter kleinen, durch zufällige Variationen möglichen Stufen herstellbar ist, von denen jede Stufe selbsterhaltungsfähig war, und von denen diejenigen späteren Stufen, welche die dauerfördernde Eigenschaft in höherem Maße besaßen, sich besser erhielten und infolge des Wachstums und der Vermehrung sich weiter ausbreiteten, als die anderen Qualitäten, so daß die besseren Qualitäten im Laufe der Zeiten sich aufspeichern mußten.

Als Allgemeinstes haben wir bei diesen Ableitungen gesehen, daß schon Erwerbung von mehreren besonderen Leistungen zum Übergang vom gewöhnlichen anorganischen Geschehen zu den niedersten Lebewesen nötig war, und daß daher eine plötzliche Überschreitung dieser großen Kluft durch ein einmaliges, zufällig sehr günstiges Vorkommnis, wie sie von Häckel und einigen Physiologen angenommen wird, bei genauerer Prüfung als unmöglich zu beurteilen ist. In dieser Einsicht findet die Hypothese der „sukzessiven Züchtung der Grundfunktionen des Lebens“ ihre Berechtigung.

Wenn nach Pflüger der Lebensassimilationsprozeß, also das Isoplasson vom Feuer und daher von der Zeit des glühenden Erdballes herstammt, dann können wir uns nicht wundern, daß wir die Zwischenstufen jetzt nicht mehr finden. Diese noch nicht zu höherer Selbsterhaltungsfähigkeit gezüchteten Vorstufen mußten mit dem Aufhören ihrer äußeren Erzeugungsbedingungen selber aufhören. Nur die bereits zur Selbsterhaltungsfähigkeit differenzierten Gebilde konnten sich danach noch erhalten, vermehren und auf der Erde aufspeichern, also die niedersten Automerizonten: Moneren und alle höheren Stufen. Es ist aber schon einigermaßen von bestätigender Bedeutung für unsere Auffassung, daß die

Digitized by Google

niederen Zwischenstufen, obschon nicht in der freien Natur, doch innerhalb der Organismen selber vorkommen, so als bloßes Isoplasson und niederstes Automerizon, die beide in manchen Zellgranulis mit Recht gesehen werden (Nr. 5, II. S. 83 u. Nr. 144). Es sind Beweise, daß diese niederen Gebilde möglich sind, daß sie existieren, wenn auch hier nur in Modifikationen, welche von den höheren organischen Bildungen abstammen, und welche nur in den von diesen produzierten Ernährungsbedingungen erhaltungsfähig sind.

Im Sinne der hier reproduzierten Möglichkeit der Selbstentstehung des Lebens haben sich später auch Rich. Krzymowski (1897) und G. Sclater (1899) geäußert (Nr. 140); Die übrige Literatur der Urzeugung findet sich in Verworns Allgemeiner Physiologie.

25. Anm. zu Seite 17.

Einfache Ursache der Jahreszeiten.

Den im Text gegebenen Beispielen einfacher physikalischer gestaltender Wirkungsweisen sei noch ein Beispiel von überaus mannigfachen Wirkungen eines einfachen physikalischen Faktors auch im Organismenreiche angefügt: die Ursache der Jahreszeiten. Früher von mythischen Phantasiegebilden, z. B. bei den Germanen vom Kampfe Hoedurs mit dem Lichtgott Balder abgeleitet, sind die Jahreszeiten mit ihren millionenfachen typisch wiederkehrenden Verschiedenheiten des Geschehens in der organischen und anorganischen Natur, wie wir seit lange wissen, durch die schiefeStellung der Erdachse zur Bahn der Erde um die Sonne verursacht. Diese Erklärung stellt eine großartige Leistung des kausal-analytischen Denkens dar. Ich habe aber weder in Whewells Werke über Geschichte der induktiven Wissenschaften noch in einigen Werken über Physik und Geologie etc. angegeben gefunden, welchem Volke und Zeitalter wir diese eminente Entdeckung verdanken. Die Schiefe der Ekliptik an

Digitized by Google

sich war schon um 1100 vor Christus den Chinesen, um 340 vor Christus den Griechen bekannt.

25a. Anm. zu Seite 17..

Möglichkeit der Erforschung der Wirkungsweisen.

Beschränkung der Identität von Ursache und Wirkung.

Es wird später wohl Erstaunen erregen, daß die viel zu weit nach der Seite der Einschränkung unseres Erkenntnisvermögens gehende Ausdeutung des Ausspruches A. Kirchhoff's, an deren Möglichkeit dieser selber vielleicht nicht gedacht hat, so weite Verbreitung finden konnte, daß sie jetzt in vielen naturwissenschaftlichen, naturphilosophischen und sogar in rechtsphilosophischen Schriften auftritt, um nicht zu sagen spukt.

Soweit es unsere Bestrebungen angeht, wird dabei in folgender unzutreffenden Weise argumentiert: Weil wir das primäre, kleinste Wirken jedes Geschehens nicht sehen können, können wir überhaupt kein Wirken, keine Wirkungsweisen erkennen und müssen daher auf die Erforschung der Wirkungsweisen ganz verzichten. Dabei wird einmal übersehen, daß wir schon viele anorganische Wirkungsweisen in sichtbaren Verschiedenheiten ihrer Wirkungen kennen, so Anziehung, Abstoßung, Kohäsion, Adhäsion (inkl. Kapillarität), mannigfache thermische, elektrische, chemische Wirkungsweisen etc. Auf diese bereits bekannten physikalisch-chemischen Verschiedenheiten des Wirkens wollen wir daher zunächst das organische Geschehen zurückführen. Außerdem aber können wir durch Experimente auch das unsichtbare Geschehen dieser und ev. anderer Wirkungsweisen mehr und mehr erkennen, wie wir z. B. schon erkannt haben, daß das Licht auf Transversalschwingungen beruht, sowie daß thermisches und elektrisches Geschehen in letzter Instanz gleichartig sind, und wie wir fernerhin hoffen, schließlich alle qualitativen Verschiedenheiten

Digitized by Google

auf quantitative Verschiedenheiten der Teile eines Grundstoffes zurückzuführen.

Die das reale „Entwickelungsgeschehen" bewirkenden einfacheren Wirkungsweisen „erscheinen" uns gleichfalls nicht; aber wir können auch die Art ihres Wirkens und ihren Anteil am Geschehen wieder mit Hilfe der Experimente in gewissem Maße erschließen und sie auf diese Weise ermitteln, ohne sie „gesehen" zu haben.

Dies beides hielt ich für allgemein bekannt und glaubte, es daher in der Kürze meiner „Einleitung" zu den Beiträgen zur Entwickelungsmechanik (Nr. 4, 1885) ausreichend erwähnt zu haben. Ich ahnte nicht, daß dagegen solcher Widerspruch erhoben würde (s. Nr. 6).

Die Berücksichtigung dessen, daß alles, was wir wahrnehmen, was uns „erscheint", an sich bloß „trügender Schein" ist, der durch die Qualität unserer körperlichen Maschine bedingt ist, führt ebenso, wie die sonstige Mangelhaftigkeit dieser Maschinen in bezug auf Vollständigkeit der Wahrnehmung zu erkenntnistheoretischen Fragen, auf die wir uns hier, wo wir rein empirische Interessen vertreten, nicht einlassen. Da wir das organische Geschehen auf das anorganische Geschehen zurückführen wollen, welches durch unsere Apperzeptionsmaschine in konstanter und in gleicher Weise für uns gefälscht wird, wie das organische Geschehen, so haben wir es mit dem Fälschungsmechanismus und mit den Beschränkungen, die aus der unzureichenden allgemeinen Leistungsfähigkeit dieser Maschine hervorgehen, nicht notwendig zu tun, obschon es sehr gut ist, sich über diese Fälschungen möglichst klar zu werden. Daher ist die Lektüre der bezüglichen Schriften von Fr. Liebmann, Dreyer, Driesch, E. Albrecht, O. Bütschli, J. Reinke (Nr. 146) zu empfehlen.

Die jetzt von einigen Forschern vertretene Auffassung der Identität von Ursache und Wirkung hat in Wirklichkeit nur für jeden einzelnen Moment des Geschehens Gültig-

Digitized by Google

keit, und die „Auffassung des Geschehens" als „sukzessiver Prozess" ist keineswegs, wie behauptet wird, durch unsere zeitlich vorwärts laufende Auffassungsweise alles Geschehens bedingt. Denn die Tatsache ist nicht zu beseitigen, daß das spätere Geschehen ohne das frühere „nicht möglich wäre", und daß das spätere Geschehen durch ein sogenanntes Wirken, welches quantitativ genau bestimmt ist und aus dem früheren, sei es unter Summation oder Multiplikation, mit und ohne qualitative Änderung als notwendige Folge desselben hervorgeht, erst geschaffen wird. Nicht aber entsteht etwa das spätere Geschehen für sich seiner Art nach selbständig, also ohne solches Wirken dieses früheren Geschehens, etwa bloß, weil diese Aufeinanderfolge von einem metaphysischen Agens „gesetzlich bestimmt" sei. Naturgesetze „wirken" überhaupt nicht, sondern sind bloß menschliche Formulierungen (s. S. 146, Nr. 30 u. 138).

Dieses notwendige frühere Geschehen, welches die quantitative und qualitativ zureichende Ursache des folgenden ist, wollen wir auf Grund dieser Notwendigkeit, der Kausalität, für die Vorgänge der Entwickelung der Lebewesen möglichst genau qualitativ und quantitativ, also in seiner Wirkungsweise und Wirkungsgröße ermitteln.

Das ist unsere, absichtlich scharf abgegrenzte empirische Aufgabe, die philosophisch, erkenntnistheoretisch betrachtet, von manchem als rohe beschränkte Empirie beurteilt und verurteilt wird, während sie andererseits in den Augen vieler Anatomen der Jetztzeit bereits etwas Philosophisches und damit gleichfalls Verwerfliches darstellt.

26. Genaueres siehe Seite 77 u. f.

27. Roux, Wilh. Einleitung zum Archiv für Entwickelungsmechanik. Bd. I. S. 4. 1894.

27a. Anm. zu Seite 18.

Teilursachen: Faktoren und Komponenten.

Unsere besonderen Ziele machen auch neue Bezeichnungen oder neue Definitionen älterer Bezeichnungen nötig.

Digitized by Google

Bei der Auswahl dieser ist es zwar möglichst zu vermeiden, mit den bestimmt definierten Terminis technicis der analytischen Physik wie Faktor und Komponenten in Konflikt zu kommen; es wird sich dies aber doch nicht ganz umgehen lassen, wenn nicht lauter neue Bezeichnungen eingeführt werden sollen.

Der analytische Physiker zerlegt schon eine einzelne Bewegung*) in „Faktoren" und diese ev. in „Komponenten", die wir beide zusammen, in Ermangelung eines besseren Ausdruckes, Teilursachen des Geschehens oder auch Einzelursachen bezeichnen wollen.

Faktoren z. B. Massenfaktoren, Kraftfaktoren, resp. Quantitätsfaktoren, Intensitätsfaktoren, Dauerfaktoren etc. sind die unter sich verschiedenartigen Teilursachen eines Geschehens, welche sich multiplikativ zusammensetzen und daher ein sogenanntes Produkt liefern. Also alle multiplikativ entstehenden Wirkungen werden von „Faktoren" hervorgebracht.

Die gleichartigen Teilursachen eines Geschehens summieren sich in ihrer Wirkung und heißen, wenn sie selbständig sind, auch Glieder oder Summanden, sonst Komponenten. Das Ergebnis ihres Wirkens ist eine Summe resp. eine Resultante (s. F. Auerbach, Kanon der Physik. 1899. S. 19 und 39).

Jedes Geschehen, jede Wirkung besteht also aus verschiedenartigen, multiplikativ zusammenwirkenden Faktoren und jeder Faktor kann wieder aus mehreren gleichartigen „Gliedern" bestehen (oder bei der Rechnung nach Bedarf in „Komponenten" zerlegt werden).

Die mathematische Physik hat die ursprüngliche Bedeutung des Wortes Komponente zur Rechnungsgröße herab-

*) Der Physiker spricht bloß von „Bewegung". Ich habe dagegen stets die noch allgemeinere Bezeichnung „Geschehen" oder „Veränderung" bevorzugt; dies geschah, um auch das chemische Geschehen in die Erörterung einzuschließen, ohne über dessen Qualität irgend etwas präsumieren zu müssen.

Digitized by Google

gedrückt, deren Addition resp. Subtraktion mittelst trigonometrischer, Vektoren- oder Quaternionen-Rechnung die Wirkung nach Größe und Richtung ergibt. Auf diese Anwendung können wir uns nicht beschränken, ohne für „Glieder" ein neues, zu internationalem Gebrauche geeignetes Fremdwort einführen zu müssen.

Wir wollen daher die Bezeichnung Komponenten auch für reale Gebilde, für alle unter sich gleichartigen Glieder eines Faktors verwenden; da sie gleichartig sind, wirken sie auch additiv (resp. subtraktiv) zusammen.

Der analytische Physiker wählt sich meist einfachste Fälle des Geschehens zum Gegenstand der Untersuchung und paßt seine Unterscheidungen und Bezeichnungen dieser Einfachheit an. Die Ursachen des Ortes und der Zeit des Beginnes eines untersuchten Geschehens kommen daher für ihn überhaupt nicht in Betracht, da er sie nach Belieben annimmt; sie haben für ihn keinen wissenschaftlichen Wert und bleiben daher unbenannt.

Bei unserem Untersuchungsobjekt, dem Entwickelungsgeschehen eines Lebewesens, sind diese Verhältnisse für die einzelnen Gestaltungsvorgänge dagegen (nachdem die individuelle Entwickelung begonnen hat) in gewissem Maße typisch bestimmt; ihre Ursachen sind also für uns von großer Bedeutung. Wir müssen daher für diese Ursachen auch allgemeine Bezeichnungen haben und wollen sie gleichfalls Faktoren, also Ortsfaktoren und Beginnsfaktoren nennen, da sie zu den verschiedenartigen Teilursachen eines Gestaltungsgeschehens gehören. Beide Arten können aber je nach ihrer besonderen Beschaffenheit multiplikativ oder additiv zusammenzuwirken. Wir dürften sie also streng genommen allgemein weder Faktoren noch Glieder oder Komponenten nennen. Sie bestimmen, determinieren aber Ort und Zeit des Geschehens, sie sind an sich also Determinationsfaktoren dieser Verhältnisse, können aber je nach ihrer be-

Digitized by Google

sonderen Beschaffenheit zugleich auch noch etwas von der Ausführung bewirken (s. S. 39).

Dazu kommen unter Umständen besondere Determinations-Faktoren der Dauer des Geschehens, Dauerfaktoren und eventuell auch der räumlichen Ausdehnung desselben, Ausdehnungsfaktoren oder räumliche Grössenfaktoren. Obschon jede dieser Arten des Geschehens wohl durch „Komponenten" „ausgeführt", realisiert wird, so muß diese typische Dauer und räumliche Ausdehnung doch besonders determiniert werden. Auch diese Determinationsfaktoren können zugleich ev. noch etwas von der Ausführung bewirken. Da beide multiplikativ zusammenwirken, ist gegen ihre Bezeichnung als Faktoren nichts einzuwenden.

Ferner kommen besondere Determinations-Faktoren der Richtung sowie der Qualität im engeren Sinne vor: die Richtungsfaktoren und die Qualitätsfaktoren. Letztere sind solche Faktoren, welche die Art des Geschehens bewirken, soweit dasselbe nicht schon durch die anderen Faktoren bestimmt ist. Diese besonderen Qualitätsfaktoren sind indessen bloß einstweilige; aber dieses einstweilen kann für viele derselben sehr lange dauern. Doch werden diese Qualitäten des Geschehens sich später mehr und mehr auf Ungleichheiten der Quantitäten eines Urelementes, Uragens zurückführen lassen. Vorläufig aber nehmen wir die chemischen und physikalischen Qualitäten, soweit sie noch nicht in dieser Weise analysiert sind, als Eigenschaften sui generis hin.

Alle diese Faktoren zusammen „bestimmen" die „typische Art des Entwickelungsgeschehens, wobei aber das Wort Art oder Qualität nicht in dem eben erwähnten analytischen Sinne, sondern im Sinne der deskriptiven Forschung, also des durch die Stammes-, Klassen-, Gattungs- und Artmerkmale etc. bestimmten Typus genommen ist, sie stellen also entsprechend unserer obigen Distinktion (s. S. 39) die Determinationsfaktoren in ihrer Gesamtheit dar (s. Nr. 67a und 79).

Digitized by Google

Dazu kommen noch die Ausführungsfaktoren oder Realisationsfaktoren des also Bestimmten.

Jeder dieser verschiedenen Faktoren kann aber, wie oben erwähnt, in Wirklichkeit aus mehreren gleichartigen Gliedern bestehen (ev. bei der Rechnung in solche zerlegt werden), deren Wirkungen sich summieren. Wir haben also eventuell ebensoviele Arten von Komponenten zu unterscheiden, als es Arten von Faktoren gibt: z. B. Determinationskomponenten und Ausführungskomponenten; unter ersteren ev. reine Determinationskomponenten als Ortskomponenten, ferner Dauerkomponenten, räumliche Ausdehnungskomponenten, weitere Qualitätskomponenten etc.

Da es unsere Hauptaufgabe ist, das Lebensgeschehen in seine einzelnen beständigen Wirkungsarten oder Wirkungsweisen als Qualitätsfaktoren zu zerlegen und diese auf in sich einfachere und zuletzt auf die anorganischen Wirkungsweisen zurückzuführen, so sind diese einfacheren Wirkungsweisen die Teilursachen, speziell die Faktoren der zusammengesetzteren Wirkungsweisen (Beispiele s. S. 145).

In Anpassung an unsere andere, der zuletzt erwähnten zeitlich vorhergehende und ohne Ende bei jedem noch genaueren Bestreben als früher wiederkehrende Aufgabe, den geometrischen Ort der wirkenden Ursachen, also aller der genannten Faktoren und ihrer Komponenten auf's Neue, d. h. noch genauer zu bestimmen, müssen wir eine allgemeine Bezeichnung für das an diesem Orte befindliche „stoffliche Gebilde" haben, welches der materielle Träger des Wirkens ist, mit dessen Ortswechsel also auch der Wirkungsort entsprechend verlegt wird. Denn wir halten den leeren Raum nicht für kräftebegabt, wie es neuerdings von einigen geschieht. Wir können dieses stoffliche Gebilde, z. B. den Zellkern, Zellleib, eine Zelle oder sonstiges Organ stoffliche oder körperliche Teilursache, Wirkungssitz, Wirkungszentrum oder speziell, je nachdem mehrere ungleichartig oder gleichartig im obigen

Digitized by Google

Sinne also multiplikativ oder additiv wirken, körperliche Faktoren oder körperliche Komponenten nennen.

Es muß natürlich dann die besondere Wirkungsart dieser körperlichen Teilursachen ermittelt werden, womit sie unter die oben genannten oder andere Arten von Faktoren resp. Komponenten rubriziert werden.

Die motorische Ganglienzelle des Vorderhorns des Rückenmarks z. B. übt eine gestaltende Wirkung auf die Ausbildung der bereits angelegten Muskeln aus. Die Ganglienzelle ist also ein Wirkungssitz, ein körperlicher Faktor oder kurz ein Faktor der Muskelentwickelung. Physikalisch gesprochen müßten wir dagegen präziser sagen: die „Wirkung" der Ganglienzelle ist ein Faktor der Muskelentwickelung. Ob ein determinierender Faktor und von welcher Unterart des Determinierens oder bloß ein Ausführungsfaktor für das Determinierte, ist erst weiterhin zu erforschen. Sofern zwei oder mehrere Ganglienzellen an der Entwickelung eines Muskels beteiligt sind, bilden sie die „Komponenten" des durch sie dargestellten Differenzierungsfaktors.

Um es zusammenzufassen, so nennen wir also, zum Teil in Abweichung von dem Gebrauche der Physik alle Teilursachen, welche nach unserem gegenwärtigen Stande der Analyse die Art des Geschehens, die Wirkungsweisen, also Qualitatives bestimmen oder ausführen, Faktoren; Teilursachen, welche nur das Quantitative dieses Geschehens bestimmen oder bewirken, sind Komponenten dieser Faktoren. Wir reden also von Qualitätsfaktoren und von den Größenkomponenten aller dieser Faktoren. Ein Faktor kann wieder aus zwei und mehr Unterfaktoren sich zusammensetzen und alle diese können je nach ihrer Art komplexe, komplizierte oder einfache, elementare sein, und letztere werden womöglich in immer elementarere allgemeinere, bis auf den Urstoff, die Urenergie zerlegt (s. S. 18).

Oft sind wir infolge noch unzureichender Kenntnis in Zweifel, ob ein an einer Wirkung beteiligtes Gebilde resp.

Digitized by Google

eine von ihm ausgeübte Wirkung als Faktor oder Komponente dieses Geschehens aufzufassen ist. Deshalb sind die oben erwähnten allgemeineren Bezeichnungen: Teilursachen oder Einzelursachen, welche beide Arten von Ursachen jedes Geschehens umfassen, nötig. Von ihnen haben wir auch Gebrauch zu machen, wenn wir von Allgemeinerem, für beide Arten von Ursachen; für Qualitäts- und Quantitätsursachen Gemeinsamem sprechen.

27b. Anm. zu Seite 18. Fr. Dreyer nennt diese notwendige Zurückführung des organischen auf anorganisches Geschehen die „Eliminationsmethode", weil dadurch das so erklärte Geschehen aus der Reihe der spezifisch organischen Probleme eliminiert wird (Nr. 145).

28. Siehe Nr. 27. Seite 7.

29. Anm. zu Seite 19.

Verschiedene Formulierungen unserer Aufgabe und ihre Gegner.

Als Biomorphologen sind wir keineswegs soweit, um Veranlassung zu haben, zu den verschiedenen physikalischen Grundauffassungen bestimmte Stellung einzunehmen und die eine vor der anderen für unseren Zweck zu bevorzugen, sei es die materialistische, die dynamische oder die rein energetische Auffassung.

Der ausgebreiteteren Verständlichkeit wegen bediene ich mich oft der zur Zeit noch am weitesten bekannten Hypothese: der Atom- und Molekularhypothese mit den der Materie als Hilfsbegriffen zugeschriebenen (NB. gänzlich unzureichend definierten s. Nr. 137) aus den Wirkungen abgeleiteten Atom- und Molekularkräften, sowie der verschiedenen Formen von Energie.

In dieser Fassung beruhen die typischen Gestaltungen der individuellen Entwickelung potentia zunächst auf den Atom- und Molekularkräften der die typische Struktur des Keimplasmas, die Vererbungsstruktur, bildenden Materie; und die Gestaltung beginnt, sobald diese Gestaltungsmaschine „aktiviert" worden ist (Nr. 79).

Digitized by Google

Die in Form von Wärme, Sauerstoff etc. zugeführten Energien erhalten die Maschine im Betrieb, die aufgespeicherte oder zugeführte Nahrung wird teils als Betriebsmaterial teils als Baumaterial verwendet (s. Nr. 7, S. 66). Alles dieses Geschehen ist zu erforschen.

In bestimmter Absicht aber habe ich seiner Zeit drei Formulierungen unserer Aufgabe gegeben (s. Nr. 4 S. 413, 421, Nr. 5 S. 3, 12, 39, 58, Nr. 23 S. 15, Nr. 25 S. 2), unter Verwendung der Begriffe: Ursachen (Causae efficientes), Stoff und Kräfte, sowie der Wirkungsweisen; die ersten beiden, wie gesagt, nur, um an die geläufigsten Vorstellungsweisen anzuknüpfen. Es wurde aber nicht unterlassen, einerseits zu erwähnen, daß wir „Ursache" bloß im Sinne von „Wirkendem" gebrauchen, und andererseits zu betonen, daß die sogenannten Kräfte bloß den Wirkungsweisen untergelegte Hilfsbegriffe sind, die zur leichteren gegenseitigen Verständigung, zur kürzeren Ausdrucksweise dienen sollen. Dagegen wurde die dritte Formulierung unserer Aufgabe „die Ermittelung der gestaltenden Wirkungsweisen von mir in der Anwendung bevorzugt, weil sie die voraussetzungsloseste ist, indem sie sowohl das wirkliche Naturgeschehen wie auch unsere wirkliche Aufgabe direkt bezeichnet. Schon bevor das Schlagwort von der (NB. angeblich!) hypothesenfreien Forschung wieder in neuen Umlauf gebracht war, habe ich mich mit dieser Definition bestrebt, unsere Aufgabe möglichst (s. S. 87) hypothesenfrei zu formulieren (s. auch Nr. 5, II. S. 60 und Nr. 7).

Mit dieser dreifachen Formulierung unserer Aufgabe glaubte ich nach dem Prinzip: „Wer vieles bringt, wird manchem etwas bringen", den eventuellen Wünschen der verschiedenen Autoren entsprochen zu haben und nahm an, jeder werde sich die seiner Auffassung am meisten entsprechende Formulierung aussuchen. Das war aber ein Irrtum. Sondern mancher Gegner suchte sich die seiner Auf-

Digitized by Google

fassung nicht entsprechende Fassung zur alleinigen Besprechung aus.

So findet ein Autor (E. Radl, Biolog. Zentralbl. Bd. 21, S. 586, 1901) die Verwendung der Worte „Wirkungen" und „Wirkungsweisen" unklar und verwirft es, daß man eine „Korrelation" durch Ermittelung der sie vollziehenden Wirkungen „erklären" könne. Er selber versteht unter „Korrelationen" nur diejenigen gestaltlichen „Beziehungen" der Organe, die Cuvier bearbeitet hat. Es ist ihm nicht klar geworden, daß meine Forderung, alle korrelativen oder abhängigen Differenzierungen, also alle differenzierenden Einwirkungen von Teilen aufeinander zu ermitteln, von den kleinsten in der Zelle und im Zellkern ablaufenden bis zu den größten unter den ganzen Organen des Organismus stattfindenden, auch diese Aufgabe als einen kleinen Teil des Ganzen mit umfaßt. Cuviers Korrelationen stellen zudem größtenteils indirekte oder direkte „funktionelle Anpassungen" dar, also Korrelationen, über welche ich, statt sie, wie er glaubt, zu übergehen, eine Reihe von Spezialuntersuchungen publiziert (Nr. 5, Bd. I.) und eine allgemeine Theorie aufgestellt habe (Nr. 2a).

Der alterfahrene Forscher W. v. Nathusius sagte dagegen von der Formulierung unserer Aufgabe als der „Analyse des Geschehens in die Wirkungsweisen". „Eine vortreffliche Bezeichnung, deren Auswahl allein schon ein Verdienst Roux' ist" (Arch. f. Entw.-mech. Bd. VI. S. 366). Jetzt ist diese Definition fast allgemein in Gebrauch genommen.

Ein anderer Autor, O. Hertwig (Nr. 6) wendet sich außer, wie wir oben S. 5 sahen, gegen die Ursachen auch gegen die Anwendung des Begriffes der Kraft und der gestaltenden Kräfte im besonderen, indem er behauptet, es gäbe keine gestaltenden Kräfte. Er sagt: „Physik und Chemie kennen solche nicht"; und er fügt hinzu, es könne keine geben, „denn der Begriff Kraft zielt immer auf das Allgemeine der Erscheinungen, auf allgemeine Eigen-

Digitized by Google

schaften der Materie, die Gestalt aber ist etwas Besonderes, etwas Konkretes, wodurch ein Ding sich vom anderen Ding unterscheidet" *).

Demnach würde die Schwerkraft also nicht „gestaltend" wirken, wenn sie einen Felsblock vom Berge herunterzieht. Die Oberflächenspannung eines Tropfens oder einer Seifenblase „gestaltet nicht", wenn sie bei ringsum gleicher Beschaffenheit ihn zur Kugel rundet, oder bei ungleicher Beschaffenheit den Tropfen länglich macht, oder wenn sie die schönen Waben des Seifenschaumes bildet. Weiter sagt Hertwig, man müßte dann für jede besondere Formstufe in der Entwickelung eine besondere gestaltende Kraft annehmen, z. B. eine Froschgastrula bildende Kraft, eine Neurula bildende Kraft. Dieser Forscher berücksichtigt nicht, daß schon durch quantitative Verschiedenheiten in der Wirkung auch nur einer und derselben Kraft, z. B. wieder der der Oberflächenspannung eines Tropfens zugrunde liegenden Kraft überaus verschiedene Gestaltungen bewirkt werden können, und daß dies noch mannigfaltiger durch Kombination von verschiedenen Wirkungsweisen (resp. der ihnen supponierten Kräfte) geschieht. So entsteht die eigenartige Gestalt des Nordlichts; so entstanden durch die mannigfachen Wirkungsweisen der Verwitterung und des durch die Schwerkraft niederfallenden Regens die interessanten Gestalten der Dolomiten, letzterenfalls, indem bei dieser Zerstörung die durch die Molekularkräfte am festesten verbundenen Teile widerstanden, außer dem, daß die am geschütztesten liegenden Teile übrig blieben. Doch auch die

*) Anm. Da O. Hertwig so ungewöhnliche Vorstellungen von den Kräften hat, daß es nach ihm keine gestaltenden, also keine „gestaltend wirkenden" Kräfte gibt, und geben kann, so hat er sich aus meiner Anwendung dieser Kräfte trotz der beigegebenen mannigfachen Beispiele den falschen Begriff einer besonderen gestaltenden Kraft: „der gestaltenden Kraft" zurecht gemacht, und andere haben von ihm diese unrichtige Deutung meiner Äußerungen gläubig übernommen.

Digitized by Google

Möglichkeit der gestaltend wirkenden Kombination von Kräften wird von O. Hertwig ausdrücklich abgewiesen, indem er sagt: „Wir können keine „gestaltende Kraft" durch Kombination von Schwerkraft, Kohäsionskraft, chemischer, elektrischer Kraft konstruieren". Dagegen erlaube ich mir als Beispiel der gestaltenden Wirkung der Kombination von Zentrifugalkraft, Schwerkraft und Kohäsionskraft an die schöne, aus einer fließenden Wasserhaut gebildete herzförmige Figur auf dem Springbrunnen und an die anderen mannigfachen Wasserfädenspiele des Springbrunnens zu erinnern. Die verschiedenen Kombinationen der Wirkung dieser Kräfte verursachen diese anmutig gestaltenden Spiele*).

30. Anm. zu Seite 20.

Unrichtige Anwendung des Wortes „Gesetz".

In der Biologie wird das Wort Gesetz leider oft in viel weniger bestimmter und nicht stets eine Wirkungsweise und deren Größe bezeichnender Art gebraucht. So spricht man vom „Bell'schen Gesetz", welches besagt, daß die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven motorisch, die hinteren sensibel sind. Dieses „Gesetz" bezeichnet somit kein Wirken sondern nur ein Sein, einen Zustand, eine Beschaffenheit.

Wenn man dafür „Bell'sche Wirkungsweise" sagen wollte, würde man sogleich empfinden, daß diese Bezeichnung auf diese einfache Tatsache des motorischen Anschlusses der

*) Anm. Ich empfehle diese gegen mein Programm gerichtete Schrift O. Hertwig's (Nr. 6) zu verbreiteter Lektüre, da darin, noch 12 Jahre nach der Aufstellung dieses Programms, die die kausal-analytische Morphologie bekämpfenden, auf deskriptivem Fundament beruhenden Ansichten sehr klar ausgesprochen sind. Ich habe nur hinzuzufügen, daß fast alles, was der Autor darin (wie auch in seinen sonstigen Schriften) über meine Ansichten berichtet, wesentlich unrichtig resp. störend unvollständig ist, wodurch zahlreiche zoologische und pflanzenphysiologische Autoren über dieselben irregeführt worden sind. Daher erlaube ich mir, zugleich die Lektüre meiner Gegenschrift (Nr. 7) anzuempfehlen.

Digitized by Google

vorderen Nervenwurzeln etc. nicht anwendbar ist. In gleicher Weise könnte man von einem Extremitätengesetz des Inhalts reden, daß die höheren Wirbeltiere zwei vordere und zwei hintere Extremitäten „haben". Wir wenden auf unserem kausalen Gebiete das Wort Gesetz nur für ein ermitteltes beständiges, also unter gleichen Umständen stets in der gleichen Weise geschehendes Wirken an, tun dies aber abweichend von der Physik auch schon, bevor noch das Quantitative dieser Wirkungsweise ermittelt worden ist. Anderenfalls müßten wir in vielen Fällen überhaupt auf seine Anwendung verzichten oder uns ihrer nach der ermittelten Wirkungsweise wenigstens noch sehr lange enthalten. Wir haben die Anwendung dieser Bezeichnung aber nötig, um die Formulierung der ermittelten Wirkungen von den ermittelten Regeln des Vorkommens schon durch den Namen unterscheiden zu können, eine Notwendigkeit, die oben im Texte (S. 23) ausführlich begründet ist.

Dagegen ist es ein durchaus ungeeigneter, auf anthropomorpher Auffassung beruhender Sprachgebrauch die Naturgesetze als Wirkendes zu verwenden. Unsere Justizgesetze wirken wirklich; indem wir uns ihrer erinnern, beeinflussen sie zugleich unser Tun.

Die Naturgesetze dagegen sind bloß von uns gemachte Formulierungen für ermitteltes beständiges Wirken in der Natur. Dieses Wirken ergibt sich aber von selber mit Notwendigkeit aus den beständigen Eigenschaften der betreffenden Dinge, ohne daß etwas darüber „festgesetzt" wäre, und ohne daß eine solche Festsetzung etwas wirken könnte. Deshalb habe ich den Gebrauch des Wortes Naturgesetz möglichst eingeschränkt und dafür die Bezeichnung des Wirkens, die Wirkungsweisen und Wirkungsgrößen herangezogen, nie aber Naturgesetze selber als Wirkendes verwendet (Nr. 41a u. 138).

Digitized by Google

31. Windelband, Geschichte und Naturwissenschaft, Straßburg **1900.**
32. Eduard Richter, Die Vergleichbarkeit naturwissenschaftlicher und geschichtlicher Forschungsergebnisse. Deutsche Rundschau **1904.** Nr. 14 v. 15. April. S. 142—157.
33. Anm. zu Seite 21.

Kontinuität des Keimplasmas.

Das große Problem, wie diese Wiederholung der Ausgangsstadien der Lebewesen nach dem eben Gesagten gleichwohl möglich ist, haben Aug. Weismann, Owen, Bütschli, Jul. Sachs, M. Nußbaum, Galton nach einer Hauptrichtung hin gelöst, indem sie die Möglichkeit darlegten und empirisch begründeten, daß immer nur ein Teil der Ausgangssubstanz des befruchteten Eies in die Entwickelung eintritt, der übrige Teil (eine Furchungszelle) der Hauptsache nach unverändert reserviert und vermehrt wird (Kontinuität des Keimplasmas). Früher glaubte man, daß das Ausgangsstadium jedes Lebewesens von dem elterlichen Organismus als Extrakt aller seiner Eigenschaften, auch der von den Eltern durch eigene Tätigkeit erworbenen Eigenschaften unter Zurückbildung (Implikation) vom entwickelten Zustand in den einfacheren Zustand des Eies resp. Samenkörpers neu produziert werde. Die Eltern waren so in einem gewissen Sinne die Bildner ihrer Kinder. Nach Weismann's Theorie sind sie bloß die früher entwickelten Teile zur Hälfte desselben Keimplasmas, also die Stiefgeschwister ihrer Kinder (s. Weismann, Über die Vererbung, 1883 und Nr. 5. Bd. II, S. 61 und oben S. 124).

34. Siehe Nr. 2b sowie Roux, Über die Lagerung des Materials des Medullarrohres im gefurchten Froschei. Verh. d. anat. Ges. **1888.** Anat. Anzeiger, Bd. 3, oder Lit. Nr. 5, Bd. II, S. 522 u. f.
35. Anm. zu Seite 21.

Das deskriptive Experiment.

Das deskriptive oder in seiner höchsten Leistung das formal analytische Experiment arbeitet ohne eine

Digitized by Google

Reaktion am Objekte hervorzurufen oder hervorrufen zu wollen, und, sofern solche gleichwohl stattfindet, ohne sie für den Versuchszweck zu verwerten. (Sobald letzteres geschieht, also wenn die Reaktion auf den Eingriff als eine notwendige Folge desselben bezogen wird, ist es schon ein kausaler, wenn auch oft nur ein nicht analytischer, sondern ein mehr oder weniger unbestimmter, mehreres oder vieles Unbekannte zugleich betreffender Versuch (s. S. 27 u. Nr. 125).

Wir wollen uns solchen deskriptiven Versuch an einem anorganischen Beispiel erläutern. Es gibt eine Experimentieruhr, deren großer aber sehr feiner Sekundenzeiger, nachdem er am Schluß des Versuches durch einen Druck auf einen Knopf zum Stillstand gebracht ist, auf einen weiteren Druck in die Nullstellung zurückschlägt. Letzteres geschieht aber so rasch, daß niemand direkt sehen kann, in welcher Richtung sich der Zeiger dabei bewegt: ob er immer rechts oder immer links herum, oder etwa immer auf dem nächsten Wege, also bald rechts oder links zurückkehrt, oder ob dies gar in einem festen Turnus abwechselnd rechts und links, oder anders wechselnd geschieht. Das Geschehen ist aber natürlich fest in dem Mechanismus der Uhr begründet. Wir können also dieses an sich, seiner Art nach sichtbare Geschehen doch nicht wahrnehmen, ebensowenig wie z. B. die Abwärtsbewegung der Urmundränder am Froschei (für deren Ermittelung ich diese Versuchsart anwandte s. Nr. 34), obschon beides sich offen vor unseren Augen vollzieht, ersteres zu rasch, letzteres zu langsam (und bei zu gleichmäßiger Färbung der Teile).

Das deskriptive, mit keiner alterierenden Reaktion verbundene Experiment gibt in beiden Fällen die Entscheidung. An der Uhr, indem man die Uhr derartig abwechselnd halb zudeckt, daß man abwechselnd bloß das letzte Stück einer der beiden möglichen Bahnen und zwar der kürzeren und etwas dickeren Gegenhälfte des Zeigers beobachten kann und unter genau senkrecht auffallendem Licht und Blick, da bei

Digitized by Google

schiefer Richtung die Beobachtungsergebnisse, wahrscheinlich durch täuschende Spiegelung, verschieden ausfallen.

Zu dieser Gruppe gehören auch meine und Pflüger's erste Versuche am Froschei (1883, s. o. S. 32), bei denen die Eier in ihrer Selbsteinstellung erhalten wurden, nur um erkennen zu können, wie sich dabei die Richtung der ersten Furche zur Richtung der Medianebene stellt.

Indem ich in den folgenden Jahren, um die Mitwirkung der Schwerkraft möglichst zu beseitigen, die Eier einzeln und mit der Eiachse senkrecht aufsetzte und sogleich viel Wasser zugab, wurde dieser an sich rein deskriptive Versuch durch Elimination eines ursächlichen Faktors zugleich zu einem kausal-analytischen. Dies wurde er dann noch mehr durch Aufsuchung der Ursachen der Bestimmung von Kopf- und Schwanzwärts. Ebenso waren meine ersten Markierversuche an der Blastula und Gastrula, um durch Anstichmarken zu erkennen, welche Stellen dieser Gebilde den erst später differenzierten Hauptteilen des Embryo entsprechen, zunächst rein deskriptiv (No. 34).

Durch diese Versuche wurde bloß formales Geschehen als solches genauer ermittelt, also nur das „Produkt" unbekannter Wirkungen kennen zu lernen, nicht aber dieses Wirken selber zu erforschen gesucht.

36. Anm. zu Seite 22.

Die Probiologie, die Lehre von den Vorstufen des Lebens.

Die Probiologie hat als Hauptaufgabe, die Möglichkeit der Entstehung niedersten Lebens aus anorganischem Geschehen im Sinne der oben (Nr. 24) dargelegten Hypothese der „sukzessiven Bildung der Grundfunktionen" experimentell zu prüfen.

Sie muß also suchen, Isoplasson, Autokineon und Automerizon im Laboratorium herzustellen. Dabei muß durch

Digitized by Google

chemisch-physikalische Sachkenntnis und scharfsinniges Urteil ersetzt werden, was im Laufe sehr großer Zeiträume des Erdgeschehens, wohl zur Zeit der Abkühlung des glühenden Erdballes, durch seltene Zufälle vorgekommen sein kann, und wovon stets das dauerfähigste Geschehen sich erhielt und am meisten ausbreitete, sodaß solche Geschehensarten auf der Erde sich aufspeicherten und steigerten. Es ist keineswegs undenkbar, daß uns diese synthetische Biogenesis gelingt, wenn schon seinerzeit in Pasteurs sterilisierten Röhren Lebewesen natürlich nicht auf einmal entstanden sind. Das niederste Probion: Isoplasson braucht in seinem Prozesse keineswegs dem allgemeinsten chemischen Geschehen der jetzigen Lebensprozesse ganz entsprochen zu haben. Die äußeren chemisch-physikalischen Bedingungen waren, wie Haeckel als erster mit Recht verwertet hat, auf der Erdoberfläche früher wesentlich andere als jetzt, die Luft war anders zusammengesetzt, wesentlich reicher an Kohlenstoff und die Erdrinde heiß. Ein jetziger Assimilationsprozeß des Lebens kann trotzdem mit dem anfänglichen in struktureller, durch die Assimilation vermittelter Kontinuität stehen, also z. B. unter allmählicher chemischer Umänderung von den heißen, der Flamme ähnlichen Verbrennungsprozessen mit der allmählichen Erkaltung der Erdrinde zu den kalten Oxydationsprozessen der Protozoen übergegangen sein, sodaß also ein Oxydationsisoplasson eine Ausgangsstufe des Lebens gewesen wäre. Andererseits könnte außerdem auch Isoplasson mit Reduktionsvorgängen, Reduktionsisoplasson selbständig entstanden sein und so die Vorstufe der Protophyten dargestellt haben. Die bezüglichen chemischen Versuche werden sich auch an die Ergebnisse und Auffassungen der Physiologen: Pflüger, O. Loew, Hofmeister u. a. vom allgemeinsten chemischen Lebensgeschehen zu halten haben; sie dürfen aber darüber nicht, wie es seitens der Physiologen vielfach geschieht, die übrigen in Nr. 24 aufgeführten allgemeinen elementaren Funktionen, deren Summe erst ein

Digitized by Google

Lebewesen ausmacht und die morphologischen Erfordernisse dieser Leistungen vernachlässigen.

Die rein chemischen Versuche müssen kaltes Isoplasson beider Arten herstellen. Um die sogenannte Selbstbewegung dazu zu fügen, sind diese Gebilde wohl mit den Verhältnissen von O. Bütschli's sich bewegenden Schaum-Tropfen und mit kolloider Aggregatform zu kombinieren. Solche Tropfen haben schon außer dem Vermögen zur Aussendung von Fortsätzen die Fähigkeit der Selbstaufnahme von Stoffen und der Selbstausscheidung mancher Stoffe, der Bildung von Vakuolen und ev. der Bewegung auf ein äußeres Ziel, wie letzteres noch weit schöner meine Chloroformtropfen (Nr. 111) und Bernstein's Quecksilbertropfen zeigen. Das Vermögen zur wenigstens ungeordneten Selbstteilung durch Oberflächenspannung wird sich wohl leicht hinzufügen lassen (s. S. 115). Mit der typischen „Halbierung" der Masse durch diese Art der Teilungs-Wirkung aber wird es schon schwieriger sein; noch mehr wird dies mit der Teilung durch der indirekten Kernteilung ähnliche Wirkungen, besonders mit der damit verbundenen, zur Vererbung nötigen „qualitativen Halbierung" und mit der Übertragung auch dieser schon sehr bestimmten „morphologischen" Leistungsfähigkeit auf die Teilprodukte, also auf die Nachkommen.

Das Selbstentstehenlassen des groben „sichtbaren" Mechanismus der indirekten Kernteilung ist wohl nicht aussichtslos. Denn typisch geordnete, radiäre Fadenfiguren darstellende, doppelt zentrierte Selbstbewegung, die aber statt zur Selbstteilung eines Gebildes in zwei Gebilde infolge umgekehrter Richtung der Wirkung zur Selbstvereinigung zweier Gebilde führt, habe ich vor vielen Jahren schon künstlich gemacht und jüngst dem Anatomenkongreß zu Halle 1902 demonstriert (s. die Verhandl. und Nr. 111). Der Versuch gibt ein auffallend schönes Ergebnis, welches ihn auch zu einem Vorlesungsversuch sehr geeignet macht; er ist aber von den Spezialarbeitern auf dem Gebiete, selbst von Bütschli in seinem großen zusammenfassenden Werke (Nr. 151) nicht berück-

Digitized by Google

sichtigt worden. Die Bedingungen sind physikalisch so einfach, daß ähnliche Geschehensarten wohl gelegentlich auch zufällig entstehen und seine Bedingungen sich auch auf Teilprodukte übertragen, also vererben können.

Diese experimentelle Probiologie hat, wie mir scheint, bei konsequenter methodischer Pflege eine recht aussichtreiche Zukunft.

Außerdem hat die Probiologie aber auch noch die von selber vorkommenden Vorstufen des Lebens aufzusuchen, erstens in den Organismen selber, wo Isoplasson, Autokineon und niederstes Automerizon als gesonderte Teilstufen des Lebens, als Glieder der höheren Einheiten zum Teil schon aufgefunden sind. Manche Arten der Zellgranula haben die Fähigkeit des Selbstwachstums also der Selbstassimilation, manchen wird auch das Vermögen der Selbstteilung zugeschrieben, sodaß sie Automerizonten darstellen, was von den Chlorophyllkörpern, Elaioblasten und Stärkebildnern für gewiß berichtet wird (Nr. 5, II. S. 83 und Nr. 144). Andererseits ist auch von dem genauen Studium der niederen Lebensprodukte, welche z. B. die Eischalen etc. bilden und zusammensetzen (v. Nathusius, Biedermann, Nr. 141) manche Aufklärung zu erwarten, und schließlich ist noch in der freien Natur: in Tümpeln, am Grunde der Seen, in lange Zeit feuchten Felsenspalten nach chemischen Assimilationsprozessen oder nach Ansätzen dazu zu suchen.

37. Nr. 5, II. S. 60.

38. Über die Kontinuität des Keimplasmas s. Nr. 33. Ferner Th. Boveri, Arch. f. Entw.-mech. Bd. 16. S. 356. **1903.**

Vorentwickelung.

Unter Vorentwickelung oder Proontogenesis verstehe ich einmal die ontogenetische Entwickelung des Keimplasson von seinem indifferentesten Zustande aus bis zum reifen Fortpflanzungskörper und scheide sie: erstens in eventuelle unpersönliche Vorentwickelung, welche noch

Digitized by Google

nicht auf die Bildung eines einzigen Lebewesens einer Person (weniger gut Individuum, also Unteilbares genannt) gerichtet ist (sofern es ein solches Stadium, das wir nur der Vollständigkeit der Einteilung des Möglichen halber vorläufig annehmen, überhaupt gibt, dessen Insubstantiierung dann Keimplasson, keimbildende Substanz heißen muß), zweitens in persönliche auf die Bildung eines Einzelwesens hinführende Vorentwickelung, (deren Insubstantierung das Keimplasma, der gebildete Keim ist) und drittens in die akzessorische, bloß zur vorübergehenden Sonderexistenz der Fortpflanzungskörper sowie zur Kopulution beider dienende Vorentwickelung, deren Produkt einschließlich der vorigen Arten die Geschlechtskörper, Ei- und Samenkörper darstellen. Die persönliche Vorentwickelung umfaßt also alles, was von dem indifferentesten Zustande des Keimplasson aus vor der Befruchtung gebildet worden ist und die Gestaltung des neuen Individuum bestimmt, sei es, daß es schon eine allgemeine bleibende Gestaltung desselben wie Kern und Zellleib darstellt oder nur die Vorstufe einer bleibenden Gestaltung ist. Zu dieser „ontogenetischen" Vorentwickelung kommt noch die „phylogenetische Vorentwickelung, welche die Bildung des Keimplasma im Laufe der Phylogenese darstellt (s. Nr. 5. I. S. 409 Anm., S. 453. II. S. 74, 280).

39. Siehe Nr. 7. S. 156.

40. Anm. zu Seite 23. Aristoteles lehrte sogar, daß die Fallgeschwindigkeit proportional dem absoluten Gewichte des fallenden Körpers sei. Und als Gallilei's Versuch am schiefen Turm zu Pisa eine kleine Abweichung von dem Vorausgesagten ergab, behaupteten seine Gegner, seine Lehre sei falsch, und die NB. viel mehr abweichende des Aristoteles sei richtig.

41. Anm. zu Seite 24.

Auf der Verkennung dieses an sich stets gleichen „Wirkens" jedes einzelnen Faktors, einerlei ob er mit nur einem oder mit mehreren zusammenwirkt, beruhen

Digitized by Google

manche ohne Aufhören wiederholten unrichtigen Urteile über die Gesetze, welche das Wirken solcher einzelnen Faktoren bezeichnen, sofern häufig ein anderer Faktor, z. B. die Schwerkraft, alterierend mitwirkt. Den stärksten Ausdruck solcher Auffassung gab C. du Prel, indem er von einer „Aufhebung der Schwerkraft", ja des Gesetzes der Schwerkraft und daher von einer Levitation im Gegensatz zur Gravitation redete, wenn ein Stück Eisen durch einen Magneten gehoben wird. Die „Schwerkraft" wird dabei nicht „aufgehoben", sondern sie „wirkt" auch hierbei wie immer; aber ihre Wirkung wird von den Magneten überwunden, und die „Resultante" des beiderseitigen Wirkens ist daher aufwärts gerichtet.

41a. Anm. zu Seite 24.

Ursächliche Verschiedenheit der Beständigkeit des Vorkommens und der Beständigkeit des Wirkens.

Die „Beständigkeit des Vorkommens" im Organischen hat zur Verwechselung mit der „Beständigkeit des Wirkens" und so zur nicht ausreichenden Trennung beider in der Biomorphologie geführt, obschon beide Beständigkeiten ganz Verschiedenes darstellen. Die Beständigkeit des typischen Vorkommens der Klassen-, Gattungs-, Artcharaktere etc. und der sie produzierenden Entwickelungsvorgänge heißt Regel. Sie beruht auf der Kontinuität des Keimplasson mit seiner unendlichen phylogenetischen Vorgeschichte und läßt viele Abweichungen zu (s. S. 124).

Die Beständigkeit des Wirkens ist die elementarste „Notwendigkeit" des einfachen Geschehens, sie heißt Naturgesetz und läßt keine einzige Abweichung zu (s. Nr. 30 u. 67).

42. Roux, W., Über die Ursachen der Bestimmung der Hauptrichtungen des Embryo im Froschei. Anatom. Anzeiger. Bd. 23. **1903** (s. S. 144).

Digitized by Google

43. Anm. zu Seite 24.

Diese kausal-analytische Unterscheidung von Regel und Gesetz liegt allen meinen Arbeiten zugrunde, von der ersten über die Ursachen der Gestaltung der Blutgefäßverzweigungen (Nr. 1a, 1878) bis zur letzten. Sie wurde bereits in der Schrift über den Kampf der Teile (Nr. 2a, S. 50, 1881. Nr. 5. I. S. 211) verwendet, um Müller-Haeckel's biogenetisches Grundgesetz gegen entsprechende mißverständliche Angriffe von His u. a. zu verteidigen. Siehe dazu aber Nr. 129.

44. Anm. zu Seite 27.

Einteilung der **Funktionen der Lebewesen.** Die Namen **Entwickelungsmechanik** und **Biomechanik.**

Um die Übersicht über die Funktionen der Lebewesen noch zu vervollständigen, so sind dieselben zunächst in Bildungs- oder Entwickelungsfunktionen und in Erhaltungsfunktionen des Gebildeten einzuteilen. Letztere zerfallen wieder in die Betriebsfunktionen, also in die Verrichtungen des bloßen Betriebes der Lebensmaschine und in die Reparationsfunktionen, welche die beim Betriebe Abgenutzten sowie auch die veralteten Maschinenteile ausbessern, resp. durch jüngere ersetzen (s. Nr. 5 Bd. I S. 409, Bd. II S. 213, 980).

Dazu kommen die typischen Rückbildungs- oder Involutionsvorgänge und die sonstigen regelmäßigen Altersveränderungen, die nach meiner Meinung sowie der **Alterstod** nicht allein auf zeitlich typisch festgesetzter Rückbildung sondern zu einem wesentlichen Teil auf der nicht absoluten Vollkommenheit der geweblichen Assimilation beruhen (No. 2a).

Die Bildungs- und Erhaltungsfunktionen unterliegen der Selbstregulation. Diese ist aber keine „besondere Funktion" (wie mir irrtümlich unterstellt worden ist, von Driesch) sondern nur ein Modus der Vollziehung der Funktionen (Nr. 114a).

Bildungs-, Reparations- und Involutionsfunktionen stellen zusammen die Gestaltungsfunktionen dar; doch wird

Digitized by Google

letzteres Wort vielfach auch im engeren Sinne a potiori für die Bildungsfunktionen allein gebraucht.

Die heutigen Physiologen (NB. der medizinischen Fakultäten) befassen sich sowohl in der Forschung wie in der Lehre fast ausschließlich nur noch mit den Betriebsfunktionen des bereits Gebildeten, zumeist nur des fertig Gebildeten, des Erwachsenen, einige Wenige auch noch mit denen des Unfertigen, des in der Bildung Begriffenen, wie W. Preyer, der diese Forschung und Lehre als die Physiologie des Embryo bezeichnete, wobei aber wiederum die Funktionen des Bildens ausgelassen worden waren (No.152). Die Erforschung und die Lehre des Bildens sowie der Reparation und Involution überlassen die Physiologen als etwas „Morphologisches" den Morphologen, d. h. den normalen und pathologischen Anatomen.

Deshalb ist die Anwendung der Bezeichnung Entwickelungsphysiologie für die Entwickelungsmechanik in Wirlichkeit jetzt etwas deplaziert; dagegen bezeichnet Entwickelungsmechanik das mechanistische Ziel und mit diesem Ziel bezeichnet er das Wesentliche und zugleich das Neue der „experimentellen Entwickelungsgeschichte".

Der Name Biomechanik (Delage) umfaßt die mechanistische Lehre von allem Lebensgeschehen überhaupt, also von den Funktionen sowohl des Gestaltens wie des Betriebes, somit die Entwickelungsmechanik und die jetzige Physiologie vereint. Er kann daher nicht gut als synonym mit bloß einem von diesen beiden Teilen: mit Entwickelungsmechanik verwendet werden (S. Roux, Arch. f. Entw.-mech. Bd. VIII, S. 362).

45. Genaueres s. Nr. 125.

46. Anm. zu Seite 28. Siehe S. 40 u. Nr. 79.

Die rein deskriptive Morphologie entspricht annähernd dem sogenannten Naturalismus in der Kunst; sie stellt das in der Natur Vorkommende dar, wie es ist, gibt eine getreue Schilderung desselben, wenn sie genau ist, mit Ein-

Digitized by Google

schluß alles Zufälligen und Unwesentlichen, nicht „Nötigen". Unser „Typisches" dagegen entspricht etwa, aber nicht ganz dem Stilisierten in der Kunst. Beide stellen das Wesentliche aus dem Vorkommenden dar. In der Kunst wird freilich das „Wesentliche" beim Stilisieren oft sehr willkürlich ausgelesen, während wir auf unserem kausalen Gebiete darunter das unter den realen Verhältnissen wie sie durch die typische Beschaffenheit des Keimplasmas gegeben sind, zur Bildung unbedingt nötige Geschehen, also das „reale Minimalgeschehen" verstehen. Dieses ist nicht das denkbar kürzeste Geschehen; denn es macht bekannterweise oft große gestaltliche Umwege; Formen und Teilprodukte werden produziert, die danach wieder rückgebildet werden. Dieses Geschehen beruht auf der durch die Phylogenese hervorgebrachten Qualität des Keimplasmas und wird durch das biogenetische Gesetz Müller-Haeckels bezeichnet (aber nicht im einzelnen kausal bekannt und erklärt. Nr. 129).

47. Anm. zu Seite 28. Da es sich als nötig zeigte, habe ich die Scheidung zwischen typischer (s. direkter) und normaler Entwickelung später strenger durchgeführt s. Nr. 5, II. S. 811, 843—847, 915, 981, Arch. f. Entw.-mech. Bd. 6, S. 295. Bd. 13. S. 622. 1902; Anat. Anz. Bd. 23. 1903. S. 144.

48. Siehe Nr. 2b. **1883** oder Nr. 5, II. S. 96.

49. Anm. zu Seite 31.

Implikation, implizite und explizite Mannigfaltigkeit.

Die Tatsache, daß in dem anscheinend sehr einfachen Keimplasma das Typische des sichtbar hoch komplizierten entwickelten Lebewesens, sei es ganz oder nur größtenteils irgendwie bestimmt, determiniert enthalten ist (s. S. 44 und Nr. 79) habe ich seinerzeit Implikation genannt (s. Nr. 5. I. S. 214. **1881**. II. S. 61 u. f., 401, 538, 1023). Ich wählte diese im Gegensatz zu Evolution stehende Bezeichnung, weil das geeignetere Wort Involution

Digitized by Google

bereits im Sinne von Rückbildung in Verwendung war. Die Entwickelung nannte ich dann auch gelegentlich Explikation und unterschied dementsprechend implizite und explizite (oder entwickelte) Mannigfaltigkeit, Verschiedenheit, Differenzierung, Entwickelungsursachen, Faktoren etc. (Nr. 5. II. S. 401, 538). Über die implizite Mannigfaltigkeit haben wir oben in der Erörterung über Neoepigenesis und Neoevolution gesprochen (S. 101).

Die Bildung der entwickelten oder expliziten Mannigfaltigkeit kann oft wieder in zwei sukzessive Stufen des Geschehens zerlegt werden: in explizite Determination und explizite Ausführung. So ist z. B. die Lage der Kopfseite des Froschembryo schon durch die Befruchtung sichtbar kenntlich also explizite determiniert; die Kopfformen und die Kopforgane werden aber erst viel später entwickelt (s. Nr. 96 sukzessive Determination). Ich habe leider bei der Einführung dieser Distinktionen wie noch öfter, die von mir gebildeten oder gewählten Ausdrücke einfach in Gebrauch genommen, ohne sie erst besonders zu definieren und die Notwendigkeit ihrer Bildung und Einführung besonders zu begründen.

Driesch gebraucht später die Wörter explizit und implizit geichfalls aber in wesentlich anderem Sinne. Dies hat zu allerhand Mißverständnissen geführt. Explizite prospektive Potenz (s. Nr. 101, 121) ist bei ihm annähernd aber nicht ganz dasselbe, was ich als typisches Gestaltungsvermögen bezeichnet habe, implizite prospektive Potenz annähernd das atypische Gestaltungsvermögen*) (s. a. Nr. 67a u. 121).

50. Anm. zu Seite 32. Wer sich für Genaueres interessiert, als es in Kürze hier dargeboten werden kann, desgleichen wer das Dargebotene prüfend beurteilen will, wird ersucht, von meinen bezüglichen Spezialarbeiten Kenntnis zu nehmen. Hier zunächst von Nr. 56, 58, 42 und 51.

*) Anm. Korrektur. In der Zeile 6 von unten auf Seite 31 sind die Worte „in Anpassung an sie“ zu ersetzen durch: „in Abhängigkeit von ihr“.

Digitized by Google

51. Roux, W., Bemerkungen über die Achsenbestimmung des Froschembryo und die Gastrulation des Froscheies. Arch. f. Entw.-mech. Bd. 14. S. 600—624, **1902.**

52. Pflüger, E., Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Teilung der Zellen. Arch. f. ges. Physiologie. Bd. 31, **1883.**

52a. Pflüger, E., Über die Einwirkung der Schwerkraft und anderer Bedingungen auf die Richtung der Zellteilung. Ebenda Bd. 34, **1884.**

53. Roux, W., Beitrag II zur Entwickelungsmechanik des Embryo. Über die Entwickelung der Froscheier bei Aufhebung der richtenden Wirkung der Schwere. Breslauer ärztl. Zeitschr. vom März **1884** und Nr. 5, II. S. 256—276.

Hier findet sich auch der vorher von niemand erbrachte Nachweis, daß der Bildungsdotter spezifisch leichter ist als der Nahrungsdotter. Ferner war hier konstatiert, daß mit der Befruchtung der Unterschied im spezifischen Gewicht der dunklen und hellen Hemisphäre des Froscheies sehr verstärkt wird (s. auch Nr. 56, S. 12 oder No. 5, II. S. 291, 295 Anm.).

55. Anm. zu Seite 34. Stellung des Embryo im Froschei. Nach Beobachtungen an anderen Amphibien kann der Embryo auch etwas steiler als in Figur 8c im Ei orientiert sein; und vielleicht kommt solches als Variation auch bei dem Frosche vor. Immer aber haben die beiden hinteren (dunkleren) Furchungszellen (s. Fig. 7) Anteil an der Bildung des Rückenmarks; das scheint also das Wesentliche zu sein (s. Nr. 41a, 51 und 42).

55a. Anm. zu Seite 34.

Lage des Froschembryo zum Urmund.

Bezogen auf die „erste Anlage des Urmundes", die etwas unter dem Äquator auf der Seite des höher stehenden weißen Poles erfolgt, die wir aber im Text nicht einführen wollten, um die Darstellung nicht noch mehr mit Einzelheiten zu belasten, ergaben meine formalanalytischen Anstichversuche (Nr. 34), daß die dorsale Urmundslippe dieses Stadiums den Kopfteil des Embryo produziert statt, wie bis dahin

Digitized by Google

angenommen wurde, den Schwanzteil zu bilden, und daß die Mitte der oberen Seite der Gastrula dieses Stadiums einem Teile der ventralen Seite des Embryo entspricht, statt der Mitte des Rückens.

Diese den Hauptzweck meiner damaligen Untersuchung bildenden Feststellungen sind von allen deskriptiv experimentellen Nachuntersuchungen bestätigt worden, wenn auch mehrere der Autoren es unterlassen, diese Übereinstimmung zu konstatieren. Dagegen sind die aus den direkten Beobachtungen unter Annahme des „einfachsten Geschehens" von mir abgeleiteten weiteren Folgerungen über die formalen Vorgänge der Gastrulation auf Grund detaillierterer Versuche, deren Ergebnisse sich allerdings teilweise noch widersprechen, später mehrfach angefochten worden. Es scheint danach, daß die Gastrulation nicht ganz auf dem formal einfachsten Wege geschieht.

Außerdem aber wird hier, wie es auch sonst noch leider vielfach üblich ist, am eifrigsten gegen das bloß Erschlossene gekämpft, statt das direkte Ergebnis der Beobachtungen gebührend hervorzuheben und als Basis der weiteren Forschung zu nehmen. Ich habe wiederholt darauf hingewiesen, daß „alles über die tatsächlichen Feststellungen Hinausgehende" also bloß „Erschlossene", als von unseren theoretischen Auffassungen abhängig, leicht irrtümlich sein kann, und daß daher jeder kleinste, auf Grund von Erschlossenem getane Schritt stets noch der direkten experimentellen Prüfung bedarf.

56. Roux, W., Beitrag III zur Entwickelungsmechanik des Embryo. Breslauer ärztl. Zeitschr. **1885.** Nr. 6—9 oder Nr. 5, Bd. II. S. 277—343 und Tagebl. d. Vers. deutsch. Naturf. zu Magdeburg **1884,** S. 331.

57. Anm. zu Seite 35.

Zur willkürlich lokalisierten Befruchtung.

Bei der willkürlich lokalisierten Befruchtung, welche durch senkrechten Anschnitt der Gallerthülle der Eier ermöglicht

Digitized by Google

wurde, entwickelten sich nur etwa 10% der besamten Eier. Es konnte daher vermutet werden, daß bloß diejenigen Eier sich entwickelt hätten, bei denen die Stelle der Befruchtung zufällig in der Nähe einer dazu prädestinierten Stelle, also einer (NB. unsichtbaren) Mikropyle stattgefunden hätte. Daher konnte aus dem an sich günstigen Ergebnis, daß von den etwa 50 entwickelten Eiern bei 90% die erste Furche in Richtung des Befruchtungsmeridianes stand, auf keinen direkten Kausalnexus zwischen beiden geschlossen werden. Ich vermutete, daß, wenn wie hier nur sehr wenig, nur ein Tropfen Samenflüssigkeit angewandt wird, vielleicht die Gallerthülle den Samenkörpern Salze entziehe, und daß dadurch die Befruchtung verhindert werde. Als ich danach der Samenflüssigkeit etwa 1/4% Kochsalz zugesetzt hatte, entwickelten sich bei den meisten Versuchen fast alle besamten Eier. Um auch jede Verletzung der Eier zu vermeiden, wurde zugleich eine andere Methode der willkürlichen Lokalisation der Befruchtung angewandt. Diese beruhte auf der Beobachtung, daß an den Froscheiern bei der mikroskopischen Besichtigung der Schnitte der Samenkörper fast ausnahmslos erheblich oberhalb des Eiäquators eingedrungen gefunden wurde, obschon die Samenflüssigkeit das ganze Ei umgab. Die Befruchtung mußte also in dieser oberen Zone am leichtesten geschehen. Da nach O. Hertwig der zuerst ankommende Samenkörper befruchtet, legte ich einen nur bis zu dieser Zone hinaufreichenden sehr dünnen Seidenfaden senkrecht an das Ei an und gab unten einen Tropfen Samenflüssigkeit zu. Der Samen gelangte also nur in diesem einen Meridian bis über den Äquator. Bei dieser Versuchsanordnung entwickelten sich 90—100% der Eier und bei 90—95% der Eier einer Versuchsreihe lag die erste Furche ganz oder fast ganz in Richtung des Befruchtungsmeridians.

58. Roux, Wilh.: a) Bericht der Versamml. deutscher Naturforscher und Ärzte zu Berlin, anatom. Section. 1886, und Anatom. Anzeiger 1886, S. 294, sowie

Digitized by Google

b) Beitrag IV zur Entwickelungsmechanik des Embryo: Die Bestimmung der Medianebene der Froschembryo durch die Kopulationsrichtung des Eikernes und der Spermakernes, Arch. für mikroskop. Anat. Bd. 29, Febr. 1887, Nr. 5. II. S. 344 u. f.

59. Siehe Nr. 58 und Nr. 42 S. 175.

60. Siehe Nr. 56 S. 42, oder Nr. 5 II S. 327.

61. Anm. zu Seite 36.

Die durch zwangsweise Schiefstellung der Eiaxe bedingten Abweichungen von diesem „typischen" Geschehen finden sich in Nr. 58 dargestellt und ursächlich erklärt. Siehe auch Nr. 51.

62. Anm. zu Seite 36.

Diese Orientierungsversuche über die allgemeinste Art der in der Ontogenese vorliegenden Wirkungen sowie die Versuche über „willkürlich lokalisierte" Befruchtung sind hier etwas ausführlich reproduziert, da sie, wie überhaupt die in den Beiträgen 1 und 3 zur Entwickelungsmechanik (s. Nr. 4 und 56) enthaltenen Versuche fast Niemanden bekannt, oder wie die von Beitrag 4 (Nr. 58) den meisten nicht ihrem wahren Inhalte nach bekannt sind. Dies hat wohl darin seinen Grund, daß zu ihrer Zeit die Verfasser der Berichte und Lehrbücher nur die deskriptiven Interessen vertraten. Daher wurde über diese Arbeiten in Jahresberichten und Lehrbüchern zumeist gar nicht, oder aber so unvollständig und zugleich so mißverständlich berichtet, daß sich kaum jemand zur Einsichtnahme in die Originale veranlaßt fühlen konnte und veranlaßt fühlte.

Selbst die Arbeiten über die Morphologie der funktionellen Anpassung, die doch etwas Deskriptives, allerdings gleichfalls mit Kausalem verknüpft darstellen, sind zumeist in keinem der verschiedenen Jahresberichte referiert.

63. Anm. zu Seite 37.

Die Determination der Hauptrichtungen des Embryo durch die „Dotteranordnung". Die cytoplasmatische Ungleichheit der ersten Furchungszellen.

Durch diese in den Jahren 1885—1887 angestellten Experimente (Nr. 56 u. 58) wurde zum ersten Male bewiesen, daß bei der typischen Entwickelung die Dotteranordnung die Hauptrichtungen des Embryo im Eileib (des Froscheies) bestimmt, und daß die symmetrische Dotteranordnung, deren Medianebene zur Medianebene des Embryo wird, typischerweise durch die Wirkung des Samenkörpers

Digitized by Google

resp. Samenkerns bei seinem Verlaufe im Dotter hervorgebracht wird.

Von diesem experimentell Bewiesenen ist vollkommen zu trennen, was dann für die spezielle Ausgestaltung des auf diese Weise Determinierten von mir vermutungsweise angenommen worden ist. In dieser Hinsicht habe ich auf Grund der damals allein vorliegenden deskriptiven Beobachtungen mit vielen anderen Autoren den Zellkern als Reservoir der die Klassen-, Gattungs- und Speziescharaktere implizite darstellenden Potenzen aufgefaßt, habe ferner angenommen, daß dieser sich bei der Entwicklung (aber nicht bei der Vermehrung) des Keimplasma in der zur Beschaffenheit des Zellleibes passenden Weise „qualitativ ungleich" teile und habe dann alle neuen experimentellen Beobachtungen auf ihre Verwendbarkeit in dieser Hinsicht geprüft resp. zu verwerten gesucht. Infolgedessen hat Driesch, ein Gegner dieser Auffassung, über dieser, die Verwendung des Zellkernes betreffenden Differenz das Wesentliche, die von mir in diesen experimentellen Arbeiten bewiesene determinierende Wirkung des Zellleibes nicht gewürdigt und dementsprechend Unzutreffendes über sie verbreitet. Solche Wirkungsweise der Anordnung des Dotters ist durch neue Experimente von Boveri, Driesch u. a. für das Seeigelei bestätigt und wie wir S. 67 u. f. sahen, noch nach anderer Richtung hin des weiteren erforscht worden.

In bezug auf die Verkennung dieses Wesentlichen habe ich bereits im Jahre 1893 (Nr. 101 a, S. 612) betont, daß „diese beiden Annahmen über den Zellkern nicht unerläßlich notwendige Glieder meiner in ihren „wesentlichen Teilen" „experimentell erwiesenen" Auffassung (NB. von den Ursachen der ersten Gestaltungen) sind und habe beim Wiederabdruck (Nr. 5. II. S. 874) dazugefügt: „das heißt, ich halte nur den direkt experimentell begründeten Teil meiner theoretischen Auffassung für sicher, den nicht in gleicher Weise fundierten Teil für hypothetisch, also für variabel". Nach-

Digitized by Google

dem die Experimente des folgenden Dezenniums erheblich zugunsten der „qualitativen Halbierung" des Kernmaterials gesprochen haben, habe ich dem Rechnung getragen (Nr. 42) und gleichfalls die qualitative Halbierung der Kerne als wahrscheinlich angenommen, (woraus Boveri eine, wie ich vermute, auf irrtümlicher Ausdeutung einer kurzen Äußerung von mir beruhende ablehnende Folgerung gezogen hat. Siehe Boveri, Ergebnisse über die Konstitution der chromatischen Substanz des Zellkerns. 1904. S. 80.

Die im Gegensatz zu der von mir von vornherein vertretenen typischen Ungleichheit stehende, von Driesch und anderen behauptete vollkommene Gleichheit der Furchungszellen ist allmählich, zuerst für die späteren, dann auch für die ersten Furchungszellen von diesen Autoren aufgegeben worden. Es wird jetzt fast allgemein in Übereinstimmung mit mir eine typische Ungleichheit der Furchungszellen von Anfang an angenommen und zwar sicher in bezug auf den Zellleib, also für den Dotter, das Cytoplasma. Aber über die spezielle Art dieser Verschiedenheit gehen die Auffassungen auseinander, was für mehrere Autoren Veranlassung ist, sich des Gemeinsamen unserer Ansichten nicht bewußt zu werden, s. S. 103, 240.

64. Auerbach, Leop., Organologische Studien 1874 und Nr. 2b S. 19 oder Nr. 5, II. S. 118 u. 299.

65. Anm. zu Seite 38. Dagegen hat Ed. van Beneden bereits im Jahre 1883 an einem Askaridenei durch überaus exakte Beobachtungen die quantitativ gleiche Verteilung der beiderlei elterlichen Keimstoffe für mehrere Folgen von Furchungszellen direkt ermittelt, und M. Nußbaum hat gleichzeitig aus L. Auerbachs und einer eigenen entsprechenden Beobachtung die Folgerung abgeleitet, daß bei der ersten und vielleicht auch den folgenden Eiteilungen die Hälfte jedes von beiden Geschlechtskernen in die späteren Zellen kommt. Siehe v. Beneden, Recherches sur la maturation de l'oeuf et la fécondation. Arch. de Biologie I, 4, 1883. Mor. Nuß-

Digitized by Google

baum, Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. zu Bonn 1883. S. 217 oder Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. 23. S. 189. Siehe auch W. Roux Nr. 42, S. 134—139. Weiterhin ist dieses Verhalten verfolgt und zusammenfassend bearbeitet worden von V. Haecker, Jen. Zeitschr. f. Naturwiss. 1902. Bd. 30.

66. Anm. zu Seite 38.

Unzutreffende Einwendungen auf Grund der Verwechselung von „Vorkommen" und „Wirken", sowie infolge von falschen Verallgemeinerungen und von Nichtbeobachtung.

Es wurden früher und auch in letzter Zeit noch auf Grund von Beobachtungen über das Entwickelungsgeschehen, die an Objekten einer Art, Familie etc., oder die unter bestimmten Verhältnissen gemacht waren, von einem anderen Autor an anderen Objekten oder am selben Objekte aber unter anderen Umständen erhaltene Ergebnisse angezweifelt. Es wurde dabei zum Teil so argumentiert, als wenn jemand, der nur unseren rotbraunen Fuchs kennt, behauptet, der Polarfuchs könne nicht weiß sein.

Vor 20 Jahren wurde vergleichend entwickelungsgeschichtlich in solcher Weise sogar noch von Fischen auf Amphibien geschlossen: weil die Gastrulation bei Fischen nicht so gefunden wurde, wie sie bei Amphibien beschrieben war, wurde letztere Angabe für unrichtig, mindestens für unwahrscheinlich erklärt.

Seit zwei Dezennien habe ich oft auf die Verschiedenheit der Resultate hingewiesen, die man an derselben Art von Eiern unter verschiedenen Umständen gerade in bezug auf den Anfang der Entwickelung erhält, so z. B. am Beginne und am Ende einer Laichperiode, in einer rechtzeitigen oder verzögerten Laichperiode, beim Aufsetzen der Froscheier mit viel oder wenig Wasser, beim Einzelaufsetzen oder dichten Beieinanderstehen der Eier (also bei Pressung) erhält. Und obschon zugleich auch der Mechanismus dieses ver-

Digitized by Google

schiedenen Verhaltens verständlich gemacht wurde (Nr. 58), so wird immer noch ohne Prüfung oder ohne ausreichende Berücksichtigung dieser abnorm determinierenden Umstände beobachtet und von dabei gewonnenen Befunden, welche von denen eines Vorgängers abweichen, auf Beobachtungsfehler des letzteren geschlossen.

In solcher Weise argumentierte mit Sicherheit über die ursächlichen Verhältnisse der Richtung der ersten Teilung des Froscheies Fr. Kopsch*); und zwar nur auf Grund von 17, zum Teil sichtbar abnorm sich verhaltenden Froscheiern, desgleichen O. Hertwig und sein Schüler L. Michaelis**) auf Grund von Beobachtungen sogar an nur 9 Eiern gegen meine auf Seite 32 mitgeteilten analytischen Ergebnisse.

A. Brachet***) hatte ein wesentlich größeres Beobachtungsmaterial und erhielt erheblich bessere Übereinstimmung. Aber er beurteilt wie die anderen Autoren diese Ergebnisse nicht kausal-analytisch als Wirkung von Faktoren, sondern nur als Regeln des Vorkommens, ohne den Unterschied von Regel und Gesetz zu berücksichtigen.

Weil bei starker Pressung der Eier starke Abweichung von dem typischen Zusammenfallen der Medianebene mit der ersten Furche entsteht, schloß Fr. Kopsch, das von mir (NB. bei schwächerer Pressung beobachtete) noch häufige Zusammenfallen beider müsse auf Irrtum beruhen.

In anderen Fällen wurden die angegebenen analytischen Versuchsbedingungen nur dem Wortlaute nach erfüllt, ohne Prüfung, ob dies auch der Wirkung nach geschehen war. Ferner haben Autoren, welche etwas von anderen Gesehenes nicht wahrgenommen haben, da sie zur rechten Zeit, wo dies geschieht, nicht beobachteten, geschlossen, das von ihnen

*) Internation. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 1900. Bd. 17.

**) Die Richtungsbestimmung der ersten Furche des Eies. Diss. inaug. Berlin, 1897.

***) Recherches sur l'ontogénèse des Amphibiens. Arch. de Biolog. T. 19. 1902 und Verhandl. d. anatom. Ges. zu Heidelberg 1903.

Digitized by Google

nicht Gesehene käme nicht vor. So behauptete O. Schultze, die überlieferte und von mir bestätigte Angabe, daß die Eiachse sich bei Rana fusca senkrecht einstellt, sei falsch, weil er sie kurz vor der Furchung anscheinend schief stehend fand. Er hatte aber nicht beobachtet, daß auf der Unterseite des Eies nach der Befruchtung eine typische seitliche graue Aufhellung stattfindet, welche die Schiefstellung vortäuscht; dieses „typische graue Feld" war ihm daher entgangen (s. S. 177).

Aus entsprechendem Grunde hat ein Autor die Hemiembryonen des Frosches und ihre Postgeneration nicht gesehen und schloß daraus, daß beide nicht vorkommen. Die nachträgliche, symmetrisch zur Medianebene erfolgende Umarbeitung der Pigmentverteilung in der Eirinde bei wenig schiefer Zwangslage des Froscheies, die ich an etwa hundert Eiern abgezeichnet habe, hat, offenbar aus demselben Grunde noch kein anderer Autor wahrgenommen, wohl aber mancher bezweifelt.

Hoffentlich vermindern sich diese Arten von Argumentationen bald.

67. Anm. zu Seite 38. Unrichtige Beurteilung der Abweichungen von der **funktionellen Knochenstruktur.**

Es sei noch ein Beispiel „deskriptiver" Beurteilung angeblicher Abweichungen von Gestaltungsgesetzen besprochen. Es handelt sich dabei um die Abweichungen der Richtungen der „statischen Elementarteile" der Knochen: der Bälkchen, Röhrchen und Plättchen von den Richtungen stärksten Druckes oder Zuges.

Julius Wolff, Köster, W. Roux u. a. haben ermittelt, daß die Knochen in abnormen, also funktionell neuen Verhältnissen, z. B. bei schief geheilten Knochenbrüchen, oder bei abnormen knöchernen Verwachsungen von Knochen, z. B. nach Zerstörung des Hüftgelenks, des Kniegelenks etc. in genügend langer Zeit eine neue Struktur ausbilden, die in

Digitized by Google

jedem besonderen Falle auf das Deutlichste die besonderen Charaktere der Druck- und Zugrichtungen tragen, welche diesem Falle von neuer Funktionsweise entsprechen.

Wir haben daraus geschlossen, daß sich in dieser strukturellen Umgestaltung eine direkte Anpassungsfähigkeit des Knochens an seine Funktionsweise bekundet, daß also im Knochen Gestaltungsweisen tätig sind, welche beim Ausbleiben alterierender Momente! in genügend langer Zeit vollkommen rein die Druck- und Zugtrajektorien aus den genannten „statischen Elementarteilen" (Roux), materiell darstellen würden*). Wenn man die neuen Strukturen aber genau prüft, so finden sich selbst in alten, noch viele Jahre nach der Heilung getragenen Knochen immer noch Abweichungen der Richtung der Knochenbälkchen, Plättchen und Röhrchen von den Richtungen stärksten Druckes und Zuges, wie dies auch in normal fungierenden Knochen des Erwachsenen noch der Fall ist. Wir kennen, abgesehen von pathologischen Verhältnissen wie Hyperämieen**) und entzündlichen Reizen, physiologische Ursachen, welche solche Abweichungen veranlassen können, so die fortwährende innere Resorption von Knochen, welche (vermutlich behufs Erneuerung des Knochens) sogar starktragende Bälkchen, Lamellen und Röhrchen durchbricht und damit natürlich die Druckverteilung von der Hauptrichtung zwischen den Gelenkflächen des Knochens

*) Über die funktionelle Bedeutung der Anordnung der feineren „histologischen Elementarteile" dagegen siehe W. Gebhardt, Nr. 159.

) Da schon Hyperämie Knochenbildung verursachen kann, so wird sie in geringerem Grade wohl auch Ursache davon sein können, daß nicht mehr fungierende Spongiosa nicht schwindet. So erklärt sich dieser einige Mal gemachte Befund, ohne die funktionelle Anpassung umzustoßen. Zur funktionellen Anpassung der Bindesubstanzen ist von der Verbrauchsstelle aus regulierte, der Funktionsgröße entsprechende Blutzufuhr nötig: der Funktionsgröße entsprechendende **Selbstlöhnung (s. Nr. 2a, **1881** u. Nr. 5, II. S. 215.

Digitized by Google

ablenkt, ferner die Langsamkeit der Inaktivitätsatrophie. Vielleicht gibt es auch noch andere, uns zur Zeit unbekannte, die Ausbildung einer rein funktionellen Struktur störende Momente (s. Nr. 5 II, Abhandlung 9—11).

Statt aus der neuen, in ihrem eigenartigen Charakter der neuen Funktionsweise deutlich angepaßten Struktur die Anpassungswirkung als das Wesentliche zu erkennen, halten manche rein deskriptiv urteilende Autoren sich vorzugsweise an die verbleibenden Abweichungen und argumentieren folgendermaßen: diese angebliche Anpassung kommt nie vollkommen vor, also ist auch kein wirkliches Anpassungsprinzip tätig, sondern nur ein (NB. zufällig!) in jedem dieser überaus verschiedenen Fälle etwas dieser Anpassung charakteristisch Ähnliches produzierendes, aber irgendwie anders bedingtes Gestaltungsprinzip.

In diesem Urteil, welches in etwas verschieden Modifikationen auf Grund genauer Beobachtungen von B. Solger und E. Albert, zuletzt in einer gleichfalls sorgfältigen Untersuchung von H. Triepel (Nr. 142) vertreten wird, bekundet sich dieselbe Verwechselung von „Vorkommen" und „Wirken" wie in den obigen physikalischen (S. 24) und organischen (S. 32) Beispielen: Weil die Anpassungswirkungsweisen nicht als einzige allein vorkommen, sondern weil noch andere, das Produkt modifizierende Gestaltungsweisen mittätig sind, deshalb gibt es gar keine wirklichen Anpassungswirkungen. Auf die Wirkung der Schwere übertragen heißt das: Weil die Flaumfeder nicht senkrecht fällt, wirkt die Schwerkraft nicht gegen das Zentrum der Kugel hin.

Bei dieser Auffassung muß für jede besondere, der Funktion mehr oder erst weniger angepaßte Knochenstruktur ein besonderes Gestaltungsprinzip tätig sein, das diese Struktur in ihrer Eigenart herstellt, ohne daß funktionelle Gestaltungswirkungen dabei beteiligt wären. Wieder auf den Fall der Feder übertragen würde das bedeuten, daß es für jede (NB. durch die zufällige Wirkung der bewegten Luft bedingte)

Digitized by Google

Art des Fallens der Feder ein besonderes, unbekanntes Gestaltungsprinzip gibt, statt eines unveränderlich in derselben Weise wirkenden Grundprinzipes, der Schwerewirkung und eines zweiten mitbeteiligten aber variabeln Faktors, der bewegten Luft.

Ich sehe in dem von Triepel genau beschriebenen Fall von knöcherner Vereinigung der Kniescheibe mit dem Oberschenkelbein eine bereits sehr deutlich ausgebildete Wirkung der funktionellen Anpassung. Zudem ist der hauptsächlich von ihm vermißte schiefaufsteigende Bälkchenzug oben in der Kniescheibe, deutlich erkennbar, wenn auch erst noch dünn ausgebildet vorhanden, wie der Autor bei erneutem Ansehen seiner photographischen Abbildung wohl selber bemerken wird*).

---

*) Auch hat Triepel sein nach meiner Methode zum Vergleich verwendetes Modell im Feinen offenbar etwas anders beansprucht, als dies im Leben mit der Kniescheibe geschehen ist. Seine Behauptung, daß keine functionelle Struktur in neuen Verhältnissen „erwiesen" sei, beruht auf der oben erwähnten Verkennung der beweisenden Bedeutung der Ausbildung der charakteristischen Züge und auf der prinzipiell irrtümlichen Annahme, daß nur vollkommene, also in 100 Prozent der Fälle „vorkommende" Übereinstimmung für ein „Geschehen" „beweisend" sei.

Ein Wirken kann vollkommen „gesetzmäßig" richtig formuliert sein, obschon es nur in seltenen Fällen in solcher Weise allein vorkommt. Und umgekehrt kann die Regel eines „Vorkommens von 99,9 Prozent" in Bezug auf die an ihr beteiligten Wirkungen prinzipiell falsch sein. So sind z. B. das sogenannte Ohm'sche Gesetz, daß die elektrische Leitung proportional der Größe des Querschnittes des Leiters erfolge, und Harvey's Gesetz, daß alles Blut in bestimmter Zeit zum Herzen zurückkehre, prinzipell unrichtig; ersteres, weil die elektrische Energie sich im Leiter auch seitlich möglichst ausbreitet, sich also auch beim Strömen, je stärker ihre Spannung ist, um so mehr an der Oberfläche des Leiters anhäuft, letzteres weil ein kleiner (aber sehr wesentlicher) Teil des Blutes beim Durchströmen der Kapillaren aus ihnen austritt und zur Ernährung verwendet wird.

Schließlich versteht sich Autor doch noch im allgemeinen zur Anerkennung der Wirkung mehrerer Ursachen, unter denen die funktionelle Beanspruchung mit figuriert, wenn ihr auch nur ein viel zu geringer Anteil zuerkannt wird.

Digitized by Google

Noch eine andere „vorkommende" Art bezüglichen Irrtums sei erwähnt:

Die menschlichen Anatomen, welche die Funktionen der Gelenke und Muskeln an der Leiche studieren und nach diesen Befunden lehren, sind in diesem Falle immer schon reine Analytiker gewesen. Denn sie erforschen die möglichen Funktionen der einzelnen Gelenke und der einzelnen Muskeln. Manche aber erachten dann diese Ergebnisse ohne weitere Prüfung als für die Lebenstätigkeit gültig, obschon in der Wirklichkeit des Lebens diese einzelnen Funktionen manchmal gar nicht „vorkommen". So wird z. B. gelehrt, die Vor- und Rückwärtsdrehung (Pronation und Supination) der Hand erfolge um die Achse der Radioulnargelenke und geschehe daher bei Stillstand des unteren Endes der Ulna. Solche Bewegung kommt aber kaum je einmal bei freier Tätigkeit der Hand vor. Sondern Vor- und Rückwärtsdrehung der Hand geschieht dabei fast immer unter gleichzeitiger Beugung und Streckung und unter seitlichem Schlottern im Ellenbogengelenk, dies alles in solcher Kombination, daß die wirkliche Umdrehungsachse der Hand statt im Ulnarende zu liegen, mitten durch die Hand geht.

Der große Gesäßmuskel (M. glutaeus maximus) heißt „Halter des Beckens"; gemeint ist, daß er die aufrechte Haltung des Menschen im Hüftgelenke bewirke. Er kann diese Funktion auch ausüben. Wenn man aber einem ruhig stehenden und keine besondere Last tragenden Menschen oder beim Stehen sich selber in die Gegend dieses Muskels faßt, findet man ihn stets nicht gespannt. In „Wirklichkeit" sind die vom Sitzbeinhöcker entspringenden Muskeln, die sogenannten Beuger des Kniegelenkes, die Hälter des Beckens.

Da ist also wieder der Gegensatz zwischen Analyse in einzelne „gesetzmäßige Wirkungsweisen" und der Beschreibung des in „Wirklichkeit Vorkommenden". Aber der hier gemachte Fehler ist der umgekehrte als der oben besprochene. Hier nimmt der Analytiker ohne Beweis an, dasjenige, was er als

Digitized by Google

„im einzelnen" mögliche Wirkung festgestellt hat, käme in derselben Weise auch im Leben regelmäßig für sich vor. Vorher war der Fehler auf seiten des deskriptiven Forschers, der urteilte, das vom Analytiker ermittelte Einzelwirken wäre an sich „falsch", weil es in Wirklichkeit vielfach oder überhaupt nicht für sich allein vorkommt.

Beide Arten des Geschehens: die „Arten des Einzelwirkens" und die „vorkommenden Kombinationen" von Wirkungen müssen also jede für sich ermittelt werden; sie stellen ganz verschiedene Aufgaben dar, die auch mit ganz verschiedenen Methoden gelöst werden müssen. Keiner von beiden Forschern, weder der Analytiker noch der deskriptive Forscher darf die Arbeit des anderen für minderwertig oder für entbehrlich erachten.

Ehe aber auf unserem entwickelungsmechanischen Gebiete die „vorkommenden Kombinationen" von zur Entwickelung „nötigen" und „nicht nötigen" Wirkungen als Kombinationen, nicht bloß in ihren resultierenden Wirkungen ermittelt werden können, müssen natürlich erst einmal die „nötigen" Wirkungen erforscht und von den nicht nötigen Wirkungen gesondert sein. Dies ist also unsere nähere Aufgabe.

67a. Anm. zu Seite 39.

Determinationsursachen und Realisationsursachen.

Auf die begriffliche Scheidung der Determinationsursachen*) und der Realisationsursachen und auf den höheren Wert der ersteren für die typische Art der Entwickelung habe ich den Begriff der Selbstdifferenzierung begründet (Nr. 2a, Nr. 78). Dies geschah, obschon es Selbstdifferenzierung im rein wörtlichen Sinne ebensowenig geben kann wie Selbstassimilation (s. S. 119). Früher nannte ich die Bestimmungsursachen „spezifische Ursachen",

*) Anm. Korrektur. Auf Seite 15 Zeile 2 von unten ist statt: „die terminierenden Ursachen" zu setzen: determinierenden Ursachen.

Digitized by Google

die Realisationsursachen die „nötigen Vorbedingungen" der Entwickelung. Da die Bezeichnung spezifische Ursachen fortgesetzt mißverstanden oder auch nicht beachtet worden ist, sowie im Interesse internationalen Gebrauches habe ich die Umtaufe vorgenommen. Die Distinktionen selber sind dabei nicht verändert worden. Ich hoffe aber, daß die sachliche Berechtigung, ja die Notwendigkeit der strengen Scheidung der Determinations- und Realisationsursachen sowie der darauf gegründeten weiteren Unterscheidungen und Formulierungen von analytischen Gesetzen nun allmählich in weiteren Kreisen anerkannt und verwertet wird (s. Nr. 96).

Wir unterscheiden also allgemein:

Die Bestimmungs- oder Determinationsursachen, welche das Geschehen der Entwickelung nach Art, Größe, Ort und zeitlichem Verlauf bestimmen, aber für sich allein das neu Bestimmte nicht „ausführen" können.

Und zweitens die Ausführungs- oder Realisationsursachen, welche zur Ausführung nötig sind, aber nicht die Art des Geschehens bestimmen (Einschränkung des letzteren siehe Seite 41, Chlorgas).

Höchstens wird von ihnen die Zeit „bestimmt". Denn da sie gleichfalls zur Entwickelung nötig, aber meist nicht vollständig im Ei enthalten sind, kann erst bei ihrer ausreichenden Zufuhr (z. B. Wärme zum Vogelei) die Entwickelung desselben beginnen. Sie sind dann zugleich Beginnsfaktoren, was aber keine Bestimmung der Art des Geschehens (daß z. B. ein Huhn entsteht) bedeutet.

Die Determinationsursachen sind wieder einzuteilen in primäre oder implizite (die NB. zumeist im Keimplasma enthalten sind, s. Nr. 79) und in sekundäre oder explizite, erst durch die Tätigkeit dieser hergestellte, entwickelte (s. Nr. 49).

Die primären sind natürlich die hauptsächlichen, weil sie das Geschehen von vornherein bestimmen. Die sekundären Determinationsursachen werden fort und fort bei der Ent-

Digitized by Google

wickelung neu produziert, sei es noch von erst spät in Aktivität tretenden primären oder von bereits entwickelten Faktoren aus (s. Nr. 96).

Diese Gruppen umfassen die zur typischen Entwickelung nötigen Ursachen (Nr. 79).

Es können aber auch andere Ursachen auf das sich entwickelnde Lebewesen einwirken und den typischen Gang der Entwickelung dann „alterierend" beeinflussen (z. B. die Schwerkraft bei abnormer Stellung mancher Eier), oder nötige Ausführungsursachen können in abnormer Weise (Intensität) wirken, so macht z. B. zu große Wärme Zwergbildung (L. Gerlach).

Diese Ursachen stellen dann Alterationsursachen dar, einerlei ob die Alteration für uns bemerkbar ist oder etwa durch Regulation ganz überwunden wird. Sie sind also zur typischen Entwickelung nicht nötige, accessorische aber nicht seltene Entwickelungsursachen.

Zu den sie charakterisierenden Hauptgestaltungen haben die Lebewesen die Determinationsfaktoren in sich (Nr. 79). Daher kann man von einer Autonomie ihrer typischen gestaltlichen Leistungen reden; aber nur in dem durch die Eigenart ihrer komplexen Zusammensetzung bedingten Sinne, nicht im Sinne zwecktätig gestaltender Potenzen in ihm (s. S. 86).

Die Ausführungsfaktoren, zu denen auch die Baumaterialien zu rechnen sind, können in Form von Dotter und sonstiger Reservenahrung in größerer Menge im Lebewesen aufgespeichert vorhanden sein, z. B. beim Vogelei; oder sie können fehlen und müssen daher fortwährend von außen aufgenommen werden, z. B. seitens des relativ kleinen Säugetiereies. Die Aufspeicherung von Ausführungsenergien und Baumaterialien im Organismus gehört also nicht zu den „wesentlichen Eigenschaften" der Lebewesen.

Driesch unterscheidet seiner teleologischen Auffassung entsprechend einmal „Mittel" der Entwickelung, und außer-

Digitized by Google

dem noch Bedingungen und Ursachen derselben*). Mit letzterem Namen will er, dem gewöhnlichen Sprachgebrauche folgend, die „letzte ausschlaggebende Veränderung" bezeichnen, während die anderen nötigen Umstände Bedingungen heißen sollen. Neuerdings (ebenda 1901, pag. 822) hat er seine bezüglichen Distinktionen etwas geändert und bezeichnet als „Ursachbegriff denjenigen Faktor, welcher den wesentlichsten Charakterzug der ontogenetischen Effekte bestimmt, unter allen überhaupt für diese Effekte notwendigen Faktoren". Das entspricht etwa dem, was ich spezifische Ursachen oder Determinationsfaktoren genannt habe.

Als „Mittel" der Ontogenese will er jetzt alle diejenigen notwendigen Faktoren bezeichnen, die keine Ursachen in dem eben bezeichneten Sinne sind, also etwa das, was ich Ausführungsfaktoren nenne.

68a. Roux, W., Über den Anteil von Auslösungen an der Entwicklung. Arch. f. Entw.-mech. Bd. IV. **1896**. S. 327—340.

68b. Derselbe. Kritisches Referat über C. Herbst's: Formative Reize (s. u. Nr. 106b). Arch. f. Entw.-Mech. Bd. XIII. **1902**. (s. S. 657 bis 660).

69. Driesch, H., Betrachtungen über die Organisation des Eies und ihre Genese. l. c. Bd. IV. **1896**.

69a. Anm. zu Seite 41.

Determination in unserem Entwickelungsmodell.

Das Gesagte gilt für jede Gestaltungsmaschine, z. B. für das in Nr. 16 erwähnte Modell aus einer Gruppe von Brotteigkugeln mit verschieden hohem Zusatz von Hefe. Die Wärmezufuhr ist zu deren „Entwickelung" nötig, sie determiniert aber nicht, was für Gestaltungen entstehen. Diese Determination ist durch die eben erwähnten Faktoren bestimmt, durch ungleiche Hefemenge, durch die gegebene Anordnung, durch die Kohäsion und Adhäsion.

*) Referat in Ergebn. d. Anat. u. Entw.-Gesch. 1898.

Digitized by Google

70. Siehe Nr. 56 S. 39 oder Nr. 5, II. S. 322.

70a. Anm. zu Seite 42. Solcher Untersuchungen über die Notwendigkeit der Luft etc. sind später viele angestellt worden (s. S. 57 u. Nr. 108a und 111).

71. His, W., Untersuchungen über die Bildung des Knochenfischembryo (Salmen). Arch. f. Anat. u. Physiol., anat. Abth. 1878. S. 220.

71a. Anm. zu Seite 43.

Pflüger hat aus seinem Versuche noch viel mehr gefolgert; nämlich daß die typischen Gestaltungen in viel weiter gehendem Sinne durch die äußeren Umstände bedingt seien. Er sagt (Nr. 52b S. 64): Daß aus dem Ei immer dasselbe entsteht, kommt daher, daß es immer unter dieselben äußeren Bedingungen gebracht ist. Eine Vererbung sei daher nicht nötig, und alle Teile des Eies seien gleichartig.

Variabilität der abnorm determinierenden Wirkung der Schwerkraft.

Die Schwerkraft wirkt übrigens in der freien Natur wie auch im Experiment nicht immer in demselben Maße ordnend und dadurch nicht immer determinierend auf die Eier, welche Material von ungleichem spezifischem Gewicht enthalten. Von letzterem Umstande hatte ich im Gegensatz zu Pflüger bereits 1883 (s. Nr. 2b, S. 25 oder Nr. 5, II. S. 120) die Wirkungen der Schwerkraft abgeleitet. Diese Ungleichheit der Wirkung des an sich fast unveränderlichen Schwerefaktors beruht darauf, daß die Eier nicht immer dieselbe Stellung ihrer Eiachse zur Richtung der Schwere haben. Deshalb wirkt die Schwerkraft nicht stets determinierend, sondern bloß dann ausschlaggebend, wenn die Schiefstellung so stark und zugleich so andauernd ist, daß die Kräfte, welche die typische Eistruktur herstellen und erhalten (S. 37) ganz überwunden werden (s. Nr. 77, 83 u. 171).

72. Born, G., Biologische Untersuchungen, 1. Über den Einfluß der Schwere auf das Froschei. Arch. f. mikroskop. Anatomie, Bd. 24. 1885.

Digitized by Google

73. Siehe Nr. 53 sowie

Roux, W., Das Nichtnötigsein der Schwerkraft für die Entwickelung des Froscheies: Arch. f. Entw. mech. Bd. 14. **1902.** S. 300—304 und Nr. 42. S. 164.

74. Anm. zu Seite 43.

Zu dem Nichtnötigsein der Schwerkraft zur tierischen Entwickelung.

Einige neuerlich gemachte Einwendungen wurden von Kathariner und Morgan (Nr. 143) durch sinnreiche Modifikationen meines Versuches in solcher Weise widerlegt, daß jetzt gar keine Einsicht in die speziellen Verhältnisse des Baues des Froscheies und des Anfangsgeschehens seiner Entwickelung mehr erforderlich ist, um das Nichnötigsein der Schwerkraft zur Entwickelung sicher zu erkennen, so daß nunmehr wohl aller Widerspruch verstummen wird.

Die Eier wurden bei diesen Versuchen schon von der Herausnahme aus dem Mutterleibe an, also vor der „Befruchtung" in starke atypisch gerichtete Bewegungen versetzt und entwickelten sich gleichwohl normal.

Die Bildung des von mir aufgezeigten typischen grauen Feldes (s. S. 167 u. Biologisches Zentralblatt, Bd. 8, **1888.** S. 405 oder Nr. 5. Bd. II. S. 355, Nr. 42, S. 67.) blieb jedoch dabei aus. Dies beweist erstens, daß diese unter typischen Verhältnissen vorkommende Umänderung in der Eirinde zur Entwickelung nicht unbedingt nötig ist, wie ja die Entwickelung des Froscheies „unabhängig von der Beschaffenheit der Eirinde verlaufen kann" (Genaueres Nr. 56. S. 54 oder Nr. 5. II. S. 343); und zweitens bekundet dieses Fehlen des grauen Feldes, daß die bei seiner typischen Herstellung beteiligten Selbstordnungskräfte zu gering sind, als daß sie die bei diesen unregelmäßigen Umdrehungen stattfindenden, atypisch wechselnden Wirkungen der Zentrifugalkraft überwinden könnten. Nicht aber ist etwa daraus zu folgern, daß dieses typische graue Feld bei ruhendem Ei durch die Schwerkraft entstünde,

Digitized by Google

denn diese wirkt in allen senkrechten Meridianebenen des Eies in gleicher Weise, während dieses Feld gegenüber der willkürlich wählbaren Befruchtungsseite des Eies entsteht. Dieses Feld ist wohl zu scheiden von dem abnormen, bei schiefer Zwangslage des Eies entstehenden, von G. Born konstatierten grauen Felde (Nr. 72). Beide entstehen auf entgegengesetzte Weise: das typische graue Feld durch nachträgliche Aufhellung vorher brauner Eirinde, das bei schiefer Zwangslage gebildete durch Verdunkelung vorher weißer Rinde infolge von Unterlagerung mit aufsteigendem schwarzem Dotter.

75. Rabl, C., Homologie und Eigenart. Verhandl. d. deutsch. path. Ges. II. Sep. Abdr. S. 16. 1902.
76. Siehe Nr. 73.
77. Anm. zu Seite 44.

Determinierende Wirkung der Schwerkraft.

Einstellung der Kernspindel „rechtwinkelig" zur Ebene der größten Protoplasmaausdehnungen.

Wenn die ordnende Wirkung der Schwerkraft zur Gestaltung im Ei also auch nicht nötig ist, so kann die Schwerkraft doch bei zwangsweise festgehaltener, stark schiefer Lage der Eiachse wesentlich gestaltend wirken, indem sie in diesem Falle die Richtung der Medianebene und die Entscheidung über Kopf- und schwanzwärts bestimmt, wie Pflüger, Born und ich gezeigt haben (s. Nr. 52, 71a, 72, 56, 58 und 42).

Eine kleine Modifikation in der Methode der Herstellung dieser schiefen Lage des Eies mit demselben Resultat veröffentlichte jüngst O. Hertwig*) ohne jedoch zu erkennen, daß sein Ergebnis im Wesentlichen nur eine Bestätigung dieses früheren Befundes ist. Er knüpft daran Argu-

*) O. Hertwig, Über eine Methode, Froscheier am Beginn ihrer Entwicklung im Raume so zu orientieren, dass sich die Richtung ihrer Teilebenen und ihr Kopf- und Schwanzende bestimmen läßt. Festschr. z. 70. Geburtstag E. Häckels. 1904. Jena.

Digitized by Google

mentationen und Unterstellungen, die seit lange schon von mir widerlegt sind (s. o. S. 35, 37 u. Nr. 63, 55 u. Nr.5, II. S. 920).

Dagegen ist ihm ganz entgangen, was mir das Wertvollste seines Versuchs zu sein scheint, nämlich daß er durch ihn nun selber Beweise für die von mir seit gerade 20 Jahren erkannte, von ihm aber konsequent unerwähnt gelassene zweite Prädilektionsrichtung der Einstellung der Kernspindel: in die rechtwinkelig zur Symmetrieebene des Dotters, also rechtwinkelig zur Ebene der größten Ausdehnungen der Protoplasmaansammlung (statt in diese Ebene) erhalten hat.

Da bei einem Teil seiner zwischen Platten gepreßten und dann schief aufgestellten Eier die erste Furche wie bei unseren Versuchen in Richtung der Strömungsebene also in der Symmetrieebene des Bildungsdotters s. Protoplasmas stand, in welcher letzteres notwendig in die Länge gezogen ist, mußte die stets rechtwinkelig zur Teilungsrichtung, also zur Furche stehende Kernachse somit rechtwinkelig zu dieser „Ebene der größten Protoplasmaausdehnungen" eingestellt sein, wie ich dies schon 1885 aus meinen Versuchen abgeleitet hatte (Nr. 56), während O. Hertwig dieses verneint und behauptet, die Kernspindel stelle sich stets in die Richtung „der größten Protoplasmamasse". (Genaueres s. Nr. 83.)

78. Anm. zu Seite 44.

Die Differenzierungsarten.

Die Selbstdifferenzierung eines Gebildes geschieht durch abhängige Differenzierung seiner Teile.

Als Selbstdifferenzierung, Differentiatio sui eines ganzen Gebildes, z. B. des Eies, des Embryo oder eines bestimmt abgegrenzten Teiles, z. B. einer Zelle, eines Zellkomplexes, einer Organanlage bezeichne ich jede Veränderung desselben, zu welcher wenigstens alle „determinierenden" Ursachen in diesem Gebilde oder Teile selber gelegen sind.

Digitized by Google

Diese Veränderung beruht also stets auf **Selbstdetermination**, Determinatio sui, des Gebildes oder Teiles; man kann aber nicht sagen, sie ist Selbstbestimmung, da zur Veränderung außer der Bestimmung noch die Realisation erforderlich ist. Wir nennen diese Selbstdifferenzierung eine vollkommene (Differentiatio sui universalis), wenn außer den determinierenden Ursachen auch die Ausführungsursachen bis auf ein einziges, auslösendes Moment in dem sich gestaltenden Ganzen oder Teile gelegen sind, so daß außer der Selbstdetermination der Hauptsache nach noch Selbstrealisation der Veränderung vorliegt. Die Veränderung heißt „unvollkommene Selbstdifferenzierung", Differentiatio sui partialis, wenn (wie es meist der Fall ist) zur „Ausführung" des Determinierten außer dem Auslösungsfaktor noch sonstige äußere Einwirkungen nötig sind, sodaß also Selbstdetermination mit abhängiger Realisation (Realisatio relativa) kombiniert ist.

Das der Selbstdifferenzierung unterliegende Gebilde oder der betreffende Teil muß immer genannt werden, denn die Selbstdifferenzierung sagt als ein rein topographisches oder Lokalisationsprinzip bloß etwas über den „Ort der Differenzierungsursachen" in seiner Beziehung zum „Ort der durch sie bewirkten morphologischen Differenzierung" aus. Also müssen diese Orte (die bei der Selbstdifferenzierung entweder zusammenfallen oder von denen ersterer innerhalb des letzteren liegt) immer genannt werden*).

*) Wir haben z. B. gesehen, daß beim Froschei „typischer" Weise die Richtung der Medianebene des Embryos durch die Befruchtungsrichtung determiniert wird, indem der eindringende Samenkörper eine bestimmte Dotteranordnung um sich bewirkt. Das ist also „abhängige Differenzierung des unbefruchteten Eies", aber Selbstdifferenzierung des besamten Eies, also des ganzen zur Entwickelung nötigen Keimplasmas. Ferner erfuhren wir, daß diese (Nr. 77) determinierende Wirkung bei Zwangslage des Eies, also „atypischer" Weise, durch die ordnende Wirkung der Schwerkraft auf den Dotter überkompensiert und so ersetzt werden kann. Das ist atypische abhängige Differenzierung des befruchteten Eies.

Digitized by Google

Selbstdifferenzierung ist also kein Wirkungsprinzip, es bezeichnet keine Wirkungsweise. Und Selbstdifferenzierung als reine Selbstveränderung im streng wörtlichen Sinne gibt es nicht, da kein Gebilde seinen Zustand ganz von selber ändern kann. Wir reden somit von Selbstdifferenzierung, obschon immer mindestens ein Anstoß, eine Auslösung von außerhalb zur Veränderung gegeben werden muß, wie der Anstoß des Perpendikels einer aufgezogenen Uhr oder die Anzündung eines Feuerwerkskörpers. Also mindestens der Beginnfaktor muß von außen zugeführt werden. Da dieses selbstverständlich ist, brauchten wir die Bezeichnungen nicht darauf einzurichten. Natürlich aber müssen diese auslösenden Momente ermittelt werden. Driesch meint (Nr. 147), die Entwickelung bestünde überhaupt nur in Auslösungsvorgängen, also in Selbstveränderungen, die von außen nur aktiviert, aber nicht in ihrer Art beeinflußt werden (s. dagegen Nr. 68a und b).

Ich glaube, daß bei der Ontogenese vielfach wirkliche Beeinflussung der Art und Größe des Geschehens eines begrenzten Teiles von außerhalb desselben ausgeübt wird, und nannte Veränderungen eines umgrenzten Gebildes oder Teiles, deren determinierende Ursachen teilweise oder ganz außerhalb desselben liegen, abhängige Differenzierung, Differentiatio relativa. Liegen gar alle wesentlichen Determinationsursachen und die Ausführungsursachen außerhalb des Gebildes, wie bei der Formung einer Figur durch die Hand des Bildhauers, so nennen wir diese Bildung passive Differenzierung, Differentiatio passiva. Wirkt der von außen her veränderte Teil auf den ihn beeinflussenden Teil ändernd zurück, so ist das Geschehen in seiner Totalität wechselseitige Differenzierung, Differentiatio correlativa sive mutua. (Genaueres siehe Nr. 5. I. S. 335, 422, II. S. 15, 205, 231, 233, 254, 823 und Nr. 86a).

Selbstdifferenzierung und abhängige Differenzierung können sich bei der Differenzierung eines Teiles in verschiedener

Digitized by Google

Weise verbinden und so die gemischte Differenzierung (Differentiatio mixta) darstellen. Die Teile selber, die körperlichen abgegrenzten Gebilde, heißen je nach ihren Leistungen Differenzierungshauptgebilde, Differenzierungsnebengebilde etc. (s. 101a oder Nr. 5, II. S. 108, ferner 101 und 121).

Jede Selbstdifferenzierung eines Gebildes besteht in ihrem Geschehen aus Wirkungen von Teilen desselben aufeinander, die mindestens Auslösungen sonst abhängige Differenzierungen der das bezügliche Gebilde oder den betreffenden Teil zusammensetzenden Unterteile sind. Nur ein „Komplex von verschiedenen Teilen" kann der Selbstdifferenzierung fähig sein, in ähnlicher Weise, wie dies bei der Selbstassimilation der Fall ist (s. S. 119).

Nachdem zwei Dezennien hindurch der Begriff der Selbstdifferenzierung vielfach mißverstanden worden ist, hoffe ich durch die in dieser Schrift gegebenen mannigfachen Erörterungen (s. Nr. 24, 79, 86a, 91, 101, 121, 123) ihn dieser Eventualität für die Zukunft enthoben zu haben.

79. Anm. zu Seite 44.

Das „Typische" ist das im Keimplasma Determinierte.

Dadurch, daß alle, oder die wesentlichsten „konstanten" Gestaltungen im befruchteten Ei, also durch die Beschaffenheit des Keimplasmas determiniert sind, haben wir eine gute Grundlage für die weiteren Untersuchungen und Definitionen gewonnen, indem wir von dem im Keimplasma Determinierten ausgehen.

Die Lebewesen sind keine willkürlich von uns in Gedanken abgegrenzten Systeme, sondern Systeme, die sich selber abgrenzen und sich selber durch Teilung und Entwicklung herstellen, und dabei alles oder fast alles Wesentlichste selber determinieren. Sie leisten dies, obschon sie nicht vollkommen von der Umgebung abgegrenzt und isoliert sind;

Digitized by Google

die Stoffe, bezugsweise Kräfte der Umgebung dringen fortwährend auf und in sie ein, durchdringen sie sogar (wie die Schwerewirkung, Wärme). Da die Lebewesen gleichwohl im Wesentlichsten in sich geschlossene Determinationssysteme sind, da also jedes Lebewesen soweit etwas ganz Besonderes für sich ist, so verdienen sie wohl, daß man auch für dieses Besondere besondere Bezeichnungen einführt. Alles Gestaltungsgeschehen, was diese Systeme bei typischer Beschaffenheit selber, also von sich aus determinieren, wollen wir als **typisch** bezeichnen. **Atypisch** heißt dann im weiteren Sinne alles Geschehen, was von außen her an ihnen bestimmt, determiniert wird; und zwar ist dies Atypische **normal,** wenn es immer oder „überwiegend" häufig, abnorm, wenn es seltner „vorkommt".

„Typische" Entwickelung heißt dann bloß das im „typisch" beschaffenen „Keimplasma" determinierte Entwickelungsgeschehen, also nur durch Vererbung übertragenes Geschehen. Aber nicht alles Vererbte ist typisch; denn es wird manchmal auch Atypisches durch atypisch beschaffenes Keimplasma vererbt, z. B. Sechsfingerigkeit des Menschen.

Die typischen Charaktere eines Lebewesens sind hiernach außer durch die Determination im Keimplasma, noch durch die Konstanz des Vorkommens charakterisiert, während von außen her zu ihrer Herstellung bloß Ausführungsfaktoren oder -Komponenten nötig sind. Diesem Geschehen und seinen Produkten kommt daher mit Recht der Name „typisches" zu, denn Typus (von τύπτω, schlagen, prägen) heißt das mit dem Prägestock geschlagene, also vollkommen Bestimmte, Determinierte. Zu dieser Konstanz sind die ausreichende gestaltliche Assimilation und gestaltliche Selbstregulation erforderlich.

Nicht im Keimplasma sondern von außen her determinierte, überwiegend häufig, also „regelmäßig" vorkommende Charaktere, die aber bei den Tieren spärlich und nebensächlich, bei Pflanzen häufiger und bedeutender sind, haben wir

Digitized by Google

nach obiger Distinktion zum Unterschied von den typischen als normale Charaktere zu bezeichnen.

Bei dieser Einteilung werden somit die regelmäßig vorkommenden und nicht vererbten, sondern an jedem einzelnen Lebewesen der Spezies direkt durch äußere Einwirkungen, z. B. durch klimatische Faktoren, Nahrungsmittel etc. bewirkten Charaktere nur zur „Norm" gerechnet. Dies ist berechtigt, denn sie sind auch nicht so konstant wie die typischen, im Keimplasma determinierten und dabei innerhalb gewisser Grenzen durch gestaltliche Selbstregulierungsmechanismen gesicherten Charaktere; sondern sie sind nur konstant durch die Konstanz der äußeren Bedingungen und wechseln mit diesen, sei es, daß diese selbst sich am Orte verändern, oder daß sie durch Ortwechsel des Individuums für dieses verändert werden.

Demgegenüber betonte neuerdings G. Klebs ausschließlich die Möglichkeit der Variation durch äußere Umstände, indem er sagte (Nr. 148, S. 298): „In der spezifischen Struktur der Pflanzen, in der alle sichtbaren Eigenschaften der Potenz nach vorhanden sind, liegt nichts, was einen bestimmten Entwickelungsgang notwendig verursacht. In letzter Instanz entscheidet die Außenwelt darüber, welche von den verschiedenen möglichen Entwickelungsformen verwirklicht wird."

Daneben möchte ich trotz der oben erwähnten, durch äußere Einwirkungen veranlaßten regulatorischen Entwickelung (einschließlich Regeneration und Postgeneration) doch hervorheben, daß alle zur Selbsterhaltung nötigen Hauptcharaktere des Lebewesens (S. 106) und größtenteils auch die Stammescharaktere sowie die Arten und die Grenzen seiner Variabilität wie im Tier auch in der Pflanze selber gegeben, in ihnen determiniert sind. Die äußeren Umstände können aber natürlich alterierend auf das in dieser Weise typisch bestimmte Geschehen wirken, und manche der

Digitized by Google

Alterationen sind auch selbsterhaltungsfähig. Auf tierischem Gebiet hat uns Herbst solche Reaktionen kennen gelehrt (Nr. 106a u. b); und ich habe sie im Einzelfalle, einerseits wegen der hauptsächlichen Bestimmung der Qualität des Geschehens im Organismus und andererseits wegen der beschränkten Möglichkeit der Arten derselben als „elektive Auslösung", das Vermögen dazu als „mehrfache Reaktionsfähigkeit" bezeichnet. (Nr. 68b). Dieses Vermögen der Lebewesen weicht immerhin durch seine Mannigfaltigkeit erheblich von der geringen Verschiedenartigkeit der Reaktionen eines einzelnen anorganischen Körpers ab; das läßt sich aber aus ihrer komplexen Zusammensetzung und ihrer Eigenschaft als Entwickelungskörper erklären. Infolge dieser mehrfachen Reaktionsfähigkeit der Lebewesen erwächst uns die Aufgabe, bei den noch variableren, noch nicht durch morphologische Selbstregulation stabilisierten Spezies die Variabilität bis an die äußerste mögliche Grenze, eventuell auch über die Selbsterhaltungsfähigkeit hinaus zu steigern, andererseits aber auch zu ermitteln, was sie unter den indifferentesten Bedingungen, also am meisten von sich aus produzieren, sowie aus allen diesen Beobachtungen das Gemeinsame, als das rein in ihnen selber Determinierte abzuleiten.

Meine oben geschilderten experimentellen Prüfungen, welche die Selbstdetermination bei der Entwickelung des befruchteten Eies beweisen, bezogen sich nicht auf solche variabele Nebensachen, sondern auf das Hauptgeschehen der Ontogenese, darauf, ob überhaupt ohne „determinierende" äußere Einwirkung Entwickelung des befruchteten Eies möglich ist, und ob diese der Hauptsache nach den Eltern ähnliche Lebewesen produzieren kann, oder ob gestaltende äußere Einwirkungen zu diesem Hauptgeschehen der Entwickelung nötig sind. Es ist daher eine unzutreffende Einwendung, die Entwickelung sich festsetzender Tiere in ihren allein durch das Festsitzen bedingten

Digitized by Google

Charakteren widerspräche der von uns ermittelten Selbstdifferenzierung.

Diese allgemeinste Frage nach dem Ort bloß der „Determinierungsursachen" mußte bei beabsichtigter exakter ursächlicher Forschung als eine der ersten geprüft und entschieden werden, da je nach ihrem Ergebnis bei der weiteren Forschung ein Hauptteil der Determinationsursachen eventuell außerhalb des Eies hätte aufgesucht werden müssen.

Jetzt sind wenigstens die Ergebnisse dieser ersten Untersuchung wohl bereits soweit bekannt und richtig verstanden, daß, von einigen meiner „beständigen Gegner" abgesehen, kaum jemand mehr bezüglich der Tiere eine andere Auffassung vertritt.

Aber auch, wenn bei jeder Ontogenese die äußeren Einwirkungen erheblich determinierend beteiligt wären, selbst wenn sie in solcher Weise zum „Hauptgeschehen" der Entwickelung „determinierend" nötig wären, daß ohne sie keine Entwickelung möglich wäre, müßten wir doch diese äußeren Faktoren streng von den inneren Determinationsfaktoren sondern. Wir könnten dann aber nicht das im Keimplasma Determinierte als das alleinige Typische bezeichnen. Immer aber müssen wir Determinationsursachen und Ausführungsursachen des Determinierten voneinander scheiden.

Die Wandlung der Keimplasmastruktur ist die wesentlichste Determinationsursache der Phylogenese, und die Keimplasma-Struktur selber ist die wesentlichste Determinationsursache der Ontogenese. Wie weit aber die Ursachen dieser phylogenetischen „Wandlung" im Keimplasma, wie weit außerhalb desselben lagen, sowie alles, was daran sich anschließt, erörtern wir hier nicht. Das eine aber ist immer wieder zu betonen, daß nur der Assimilation fähige Variationen vererbbar sind (Nr. 5, I. S. 452). Ebenso sehen wir hier von der Frage der Entstehung und Vererbung der vom Soma erworbenen Eigenschaften und allem sich daran Anschließenden ab.

Digitized by Google

79a. Roux, W., Ziele und Wege der Entwickelungsmechanik, Merkel-Bonnets Ergebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte. Bd. II. 1892. S. 432 oder Nr. 5, II. S. 78.

80. Siehe Nr. 4. S. 516. u. f. oder Nr. 5, II. S. 246 u. f.

81. Anm. zu Seite 45.

Verschiedene Arten der Betätigung von His-Panders Gestaltungsprinzip.

Aus dieser eine „Strecke weit konstatierten" Selbstbiegung der Medullarplatte etc. ist aber nicht zu folgern, daß das Prinzip der Gestaltung durch ungleiche Ausdehnung und durch Stauung an sich unrichtig sei, oder auch nur, daß dieses Prinzip gar keinen Anteil an der Gestaltung dieser Rohre habe. Sondern es folgt bloß, daß zu dieser Gestaltung kein außerhalb der betreffenden, sich zum Rohre formenden Platte gelegener bestimmender Faktor nötig ist. Diese Biegung könnte gleichwohl durch „ungleiche Vergrößerung" und „Stauung" aber innerhalb der Platte selber verursacht sein, z. B., indem nur an einer Fläche derselben eine Vergrößerung entsteht und dadurch eine Biegung nach der anderen Seite bewirkt wird, geschehe diese Vergrößerung nun durch Massenwachstum oder durch bloß flächenhafte Verbreiterung der Zellen oder durch Teilung und Wachstum der dortigen Zellen oder durch Hinwanderung von Zellen. Dieselbe Biegung kann auch in umgekehrter Weise durch Wegwanderung von Zellen von der konkav werdenden Seite oder durch aktive Verschmälerung der Zellen dieser Seite entstehen etc., wie ich das alles seinerzeit dargelegt habe (1885, Nr. 4, S. 510; Nr. 5, II. S. 238). Was in Wirklichkeit geschieht, kann in jedem Einzelfalle nur durch besondere, dem Falle angepaßte Experimente ermittelt werden.

82. Anm. zu Seite 45.

Arten des organischen Wachstums und der Assimilation.

His beschränkte sich bei dem von ihm gemachten Versuche, die Formbildung von ungleichem Wachstum abzuleiten,

Digitized by Google

naturgemäß darauf, das Wachstum einfach als Größenzunahme aufzufassen, ohne es schon ursächlich zu zerlegen.

Unter Wachstum im allgemeinen versteht man auch jetzt noch jede Vergrösserung irgend einer Art, sei es eines Ganzen oder eines Teiles.

Indem wir aber nach ursächlicher Erkenntnis des Wachstums streben, müssen wir zunächst die voraussichtlich auf verschiedenen Ursachen beruhenden Arten desselben voneinander sondern. Daher unterschied ich seinerzeit (Nr. 79a, **1892**, S. 431, 434; Nr. 5. II. S. 77 und 81) **Massenwachstum** oder die Vermehrung der Substanz des Organismus und **rein dimensionales Wachstum**, welches ohne Substanz-Vermehrung, nur durch Umlagerung schon vorhandener Substanz geschieht, also ganz andere Ursachen haben muß als ersteres. Beide Arten können eindimensional, zwei- und dreidimensional sein. Das rein dimensionale Wachstum kann unter Verkleinerung einer oder zweier Dimensionen erfolgen und ist danach selber zwei- oder eindimensional. Die rein dimensionale Vergrößerung kann auch ohne äußerlich sichtbare Verkleinerung einer anderen Dimension, nämlich unter Bildung von Lücken, Hohlräumen in der organischen Substanz, welche z. B. bei Pflanzen mit nichtorganischer Substanz: Luft, Wasser etc. gefüllt werden, stattfinden. Bei dem rein dimensionalen Wachstum von drei Dimensionen oder dem **„reinen Volumenwachstum"** ist das unbedingt nötig. Sind die Lücken mit Luft gefüllt, so nimmt das Gewicht, die Masse des Lebewesens dabei anscheinend nicht einmal zu; sind sie aber mit Wasser erfüllt, so ist eine Gewichtszunahme zu konstatieren. Das dimensionale Wachstum ist dann streng genommen nicht mehr rein dimensional; und wir haben also in ihm schon eine Übergangsstufe zum Massenwachstum. Doch erfolgt dies Volumenwachstum im Wesentlichen durch die bestimmt gerichtete „Umlagerung" der schon vorhandenen organischen Substanz und „ohne Vermehrung der lebenstätigen oder auch nur der niederer organisierten Substanz".

Digitized by Google

Das Massenwachstum müssen wir nach der Art der vermehrten Masse zerlegen in:

1. Vermehrung der lebenstätigen Substanz mindestens vom Range des Isoplasson, sowie vom höherem Range des Autokineon, Automerizon und Idioplasson.
2. Vermehrung der von diesen produzierten „organischen" Substanzen niederen Ranges. Diese können selber noch „morphologisch" organisiert sein wie z. B. manche nicht selber assimilierende Interzellular- und Kutikularsubstanzen; oder sie stellen auch bloß chemische Stoffe (z. B. Fett, Öl) dar.
3. In Produktion oder bloßer Aufnahme und Ablagerung von anorganischen Substanzen, z. B. Wasser, manchen Salzen.

Es ist zweifellos, daß diese Gruppen sehr verschiedene Ursachen haben müssen; also müssen diese Unterscheidungen von uns gemacht werden.

In manchen Fällen sind diese Unterscheidungen leicht zu machen. Denn es kommt rein dimensionales Wachstum oder reines Massenwachstum für sich vor; oder beide Arten finden zwar gleichzeitig im selben Lebewesen aber an verschiedenen Orten statt; oder sie kommen im selben Organ kombiniert aber mit Überwiegen des einen Wachstums über das andere vor. Das ist festzustellen, und jede Art muß in ihrem Vorkommen gesondert ermittelt und in ihrer Größe gemessen werden. Schwieriger ist die Feststellung, wenn die Kombination in kleinen Bezirken, z. B. innerhalb des Zellleibes, des Zellkerns stattfindet; doch muß die Scheidung auch dann möglichst streng durchgeführt werden. Bis jetzt ist meist sogar die Scheidung des Massenwachstums und des rein dimensionalen Wachstums von den Zoologen unterlassen worden, selbst in Fällen, wo eines allein vorkam oder augenfällig vorherrschte. Schaper hat einen praktischen Anfang mit solcher Scheidung gemacht (Nr. 153).

Digitized by Google

Man müßte eigentlich schon im Ausdruck schärfer unterscheiden und unter Wachstum bloß die Massenzunahme verstehen, und die bloß dimensionalen Vergrößerungen, welche also durch reine Umlagerung der vorhandenen Masse erfolgen, nicht gleichfalls Wachstum sondern nur „rein dimensionale Vergrößerung" nennen. Das widerspricht aber wohl zu sehr dem Sprachgebrauch, der jede Vergrößerung Wachstum nennt. So müssen wir die längeren Bezeichnungen „Massenwachstum" und „rein dimensionales Wachstum" beibehalten.

Nach dem Ort der Ursachen des Massen-Wachstums haben wir zu scheiden: **Selbstwachstum** eines bestimmten Teiles oder Gebildes, sofern der „vergrößerte Teil" das Plus selber hervorbringt oder mindestens selber determiniert, **passives Wachstum,** wenn ein anderer Teil erstem Gleiches produziert, und es diesem nur angefügt wird. Zwischen beiden kann es den determinierenden Ursachen nach viele Übergangsarten des: **abhängigen Wachstums** geben.

Die Vermehrung des Protoplasmas ist z. B. „Selbstwachstum" desselben, sofern das Protoplasma sich selber vermehrt, oder aber „passives Wachstum des Protoplasmas", falls z. B. etwa im Zellkern oder im Zellleib enthaltenes Keimplasma das neue Protoplasma bildete; oder es ist anderes abhängiges Wachstum, sofern diese Keimteile die Bildungstätigkeit des Protoplasmas determinierend beeinflussen und die „Realisation" unter Verwendung von Nahrungsmaterial, das vom schon vorhandenen Protoplasma geliefert wird, sich vollzieht (s. S. 128). Dieses „passive resp. abhängige Wachstum des Protoplasmas" wäre aber „Selbstwachstum" der höheren Einheit, der Zelle. Über die „Perioden des Wachstums" siehe Seite 96. Die Determinations- und Realisationsfaktoren sind auch hier wieder möglichst voneinander zu scheiden.

Soweit es vorkommt, eliminiert das „passive Wachstum" die „morphologische Assimilation", und „Neuentwickelung"

Digitized by Google

der betreffenden Teile tritt an Stelle ihres assimilatorischen Selbstwachstums (s. S. 129). Bezüglich der Bildung mancher Interzellularsubstanzen, z. B. der Bindegewebsfasern (die dann nicht von sich auswachsen könnten), widerspricht diese passive Art des Wachstums aber manchen unserer jetzigen Erfahrungen (s. Nr. 5, I. S. 549).

82a. Anm. zu Seite 45.

Rasche komplexe Anpassung der Embryonen an passive Deformation.

His hatte weiterhin die Vermutung geäußert, die Rautengrube des Gehirns entstehe durch die Umbiegung des Medullarrohres und somit durch dieselbe Wirkungsweise wie die ähnlich gestaltete Grube an einem eine Strecke weit der Länge nach gespaltenen Gummischlauch bei Umbiegung des Schlauches nach der Spaltseite hin. Um dies zu prüfen, deformierte ich lebend herausgeschnittene junge Hühnerembryonen des entsprechenden Stadiums in derselben Weise, wie es demnächst bei der Entwickelung geschehen würde und es bildeten sich in der Tat Rautengruben aus (s. Nr. 4, S. 518, 1885 oder Nr. 5, II. S. 248).

Aber diese Rautengrubenbildung erfolgte nicht gleichzeitig mit der Biegung wie bei dem geschlitzten Gummirohr, sondern erst, nachdem die Biegung einige Minuten lang erhalten worden war, somit nicht einfach mechanisch, rein passiv, sondern, wenn auch auf solche Weise primär veranlaßt, doch erst durch Vermittelung langsamerer vitaler, also komplexer Wirkungen, weshalb wir sie komplexe Anpassung an passive Deformation, kurz komplexe Deformation nennen können, im Unterschied zur einfachen passiven Deformation. Dabei bekundete sich also eine rasche aktive Anpassungsfähigkeit der Embryonen an solche Deformationswirkungen. Die auf diese Weise bewirkte Gestaltung des Hühnerembryo blieb nach dem Aufhören der deformierenden Einwirkung einige Zeit erhalten. Dann aber erfolgte eine nachträgliche Ausgleichung

Digitized by Google

der vorher produzierten Abweichung, eine Wiederherstellung der typischen Form; und dies geschah hier schon vor dem Beginne der Tätigkeit der Muskeln. Es war also eine Ausgleichung durch Wachstum oder durch Gewebsretraktion. Auf späterem Entwickelungsstadium kann auch die Wirkung der tätigen Muskeln eine rasche Wiederherstellung der normalen Form bewirken, funktionelle Orthopädie (Roux, Nr. 5, II. S. 160; I. S. 766. Barfurth, Nr. 150. Weiteres s. 5, II. S. 1046, Deformation).

83. Anm. zu Seite 45.

Abhängigkeit der Teilungsrichtung der Furchungszellen von ihrer Gestalt.

Die Ermittelung dieser Determination der Teilungsrichtung der Furchungszellen (NB. nur dieser Zellen) durch ihre Gestalt hat folgende Vorgeschichte. Im Jahre 1883 (Nr. 2b, S. 24 oder No. 5 II. S. 118) hatte ich die Vermutung geäußert, daß die Pressung der Eier von Askaris durch das wagrecht liegende Deckglas bei den Beobachtungen von L. Auerbach (Nr. 154) die Ursache davon gewesen sein werde, daß die ersten Teilungsebenen, wie ich vermutete, bei seinen Beobachtungen senkrecht gestanden hätten (welch' letzteres dieser Autor später bestätigte, nachdem er es seiner Zeit nicht angegeben hatte, Nr. 5, II. S. 118).

Im folgenden Jahre 1884 haben dann Pflüger (Nr. 52b) und ich bezügliche Deformationsversuche, ersterer durch Pressen der Eier zwischen parallele Glasplatten, ich durch Aspiration der Eier in enge Glasröhren angestellt (erst 1885 von mir publiziert s. Nr. 56 oder Nr. 5, II. S. 302, 323). O. Hertwig stellte im selben Jahre auf Grund von deskriptiven Beobachtungen an normalen Eiern die Regel auf, daß der Kern sich mit seiner Achse „in die Richtung der größten Protoplasmaansammlung"

Digitized by Google

einstellt und sich rechtwinklich dazu teilt. Diese deskriptive Regel schloß sich an C. E. v. Baers Regel (Nr. 160) an, daß immer die längste Kante der Furchungszelle von der nächsten Teilung getroffen wird. Hertwig stellte seine Regel nicht bloß für die Furchungszellen sondern allgemein für die Zellen, also auch für die Zellen der differenzierten Gewebe auf. Sie faßte wie eine echte Regel nur die Majorität der Fälle.

Dagegen fand ich zur selben Zeit bei meinen kausalen Experimenten (Nr. 5, II. S. 336), daß bei manchen Gestaltungen des Froscheies zwei Prädilektionsrichtungen der Kerneinstellungen durch die Wirkung der symmetrischen Gestalt des Bildungsdotters (des Protoplasmas) gegeben sind, nämlich daß die Einstellung der Kernachse (NB. bei der ersten Teilung des Eies) entweder in der Symmetrieebene des Protoplasmas oder rechtwinklig zu ihr erfolgt. Letzteres geschieht in Abweichung von der „Ebene der größten Dimensionen des Protoplasmas", wie wir statt Hertwigs geometrisch unmöglicher Bezeichnung: „in die Richtung der größten Protoplasmaansammlung" sagen wollen. Die Protoplasmaansammlung hat „viele" Richtungen; und was ist die „größte" Protoplasmaansammlung? Für diese zweite Prädilektionsrichtung hat Hertwig; ohne es zu bemerken, jüngst selber Beweise erhalten (s. S. 178).

Meine Versuche mit willkürlich lokalisierter Befruchtung ließen schließen, daß der Furchungskern sich in seiner Kopulationsrichtung teilt, wobei die Kernachse wie immer rechtwinkelig zur Teilungsrichtung steht; und weiterhin ergab sich als wahrscheinlich, daß von den beiden obenbezeichneten Prädilektions-Einstellungsrichtungen dieser Kern mit seiner Achse im symmetrisch-geformten Bildungsdotter in diejenige Richtung eingestellt wird, welcher diese Achse schon am nächsten liegt (Nr. 58 u. 42). Das ist bei der typischen Anordnung des Dotters die rechtwinkelig zur Symmetrieebene des Bildungsdotters stehende Richtung, bei

Digitized by Google

der durch schiefe Zwangslage hervorgebrachten atypischen symmetrischen Anordnung meist die Richtung dieser Symmetrieebene. Außerdem gibt es auch abnorme Verhältnisse, in denen die Anordnung des Bildungsdotters keine so regelmäßige, der Hauptsache nach symmetrische ist und auch nicht, wie sonst, zugleich der symmetrischen Einstellung des pigmentierten Rindendotters entspricht; dann ist die Einstellung und Teilungsrichtung des Furchungskerns schief zur NB. senkrechten Symmetriebene der erzwungenen Einstellung der „Eirinde" orientiert. In diesen Fällen wird meist nachträglich das Pigment der Eirinde symmetrisch zur zweiten oder ersten Teilungsebene umgeordnet.

Über die Wirkungsweisen, die diese Einstellungen veranlassen, wissen wir noch nichts (s. weiterhin die schönen Untersuchungen von H. E. Ziegler, Nr. 155).

Von mir, M. Heidenhain u. a. wurde darauf hingewiesen (Nr. 5, II. S. 976, 866 und Verhandl. d. anatom. Ges. zu Straßburg 1894, S. 152), daß in differenzierten Geweben z. B. im einschichtigen Zylinderepithel die Kernspindel statt in die Richtung der größten Dimensionen des Protoplasmas sich oft schief oder annähernd oder ganz rechtwinklig zu ihr einstellt, so daß also auf späterer Stufe das durch obige „Regel" bezeichnete „Vorkommen" auch in typischen Verhältnissen nicht mehr die Majorität der Fälle bezeichnet. (Siehe Nr. 56 S. 23, **1885** oder No. 5 II. S. 303, 305, 972 bis 976 oder Anatom. Anzeiger Bd. 9, 1894. S. 274—276).

84. S. Nr. 5, II. S. 926, 1046 „Deformation", oder anatom. Anz. Bd. 8. 1893. S. 609.

85. S. Nr. 4. **1885.** S. 435—476 oder Nr. 5, II. S. 153—200.

85a. Anm. zu Seite 47.

Die spätere genauere Verfolgung des Zustandekommens dieser normal gestalteten Embryonen zeigte, daß dies oft auf Umwegen, unter Abweichung vom normalen Bildungsgang (unter Postgeneration) geschieht (s. Nr. 5, II. S. 52, 93, 841 u. Nr. 121).

85b. Siehe Nr. 96.

Digitized by Google

85c. Siehe Nr. 4. S. 452 oder Nr. 5, II. S. 174.

86. Roux, Wilh., 1. Tagebl. d. Versamml. deutscher Naturforscher etc. zu Wiesbaden 1887. S. 272, 254, 77.

2. Beitrag V zur Entwickelungsmechanik des Embryo. Über die künstliche Hervorbringung halber Embryonen durch Zerstörung einer der beiden ersten Furchungszellen, sowie über die Nachentwickelung (Postgeneration) der fehlenden Körperhälfte. Virchow's Arch. Bd. 114, 1888.

86a. Anm. zu Seite 49.

Das entwickelungsmechanische Vermögen (Potenz).

Es wurde damit zum erstenmal nach dem „entwickelungsmechanischen Vermögen" oder dem „Gestaltungsvermögen" (der Gestaltungspotenz, Potentia differentiationis) von Teilen des Eies gefragt und eine Antwort darüber gewonnen. Dieses Vermögen ist zu unterscheiden in das dem Teil selber eigene Gestaltungsvermögen, Potentia differentiationis activa und in das Vermögen, von außen her gestaltend beeinflußt zu werden, Potentia differentiationis passiva. Ersteres ist einzuteilen in solches in bezug auf ihn selber, also sein Vermögen zur Selbstdifferenzierung, Potentia partis suae differentiationis (S. 179) und in das Vermögen zur differenzierenden oder auch nur Differenzierung auslösenden Wirkung auf andere Teile, also sein Vermögen zur differenzierenden Einwirkung (Induktion). Dazu kommt noch das erwähnte Vermögen des Teils, seinerseits durch andere Zellen differenzierend beeinflußt werden zu können, das Vermögen zur abhängigen Differenzierung. Alle diese Fähigkeiten der Differenzierung sind wie diese selber zu scheiden in bezug auf die „Determination" der Differenzierung und auf die „Ausführung" oder Realisation des Determinierten, also in die Vermögen der Selbstdetermination und der abhängigen Determination, sowie der Selbstrealisation und der abhängigen Realisation.

Die Selbstdifferenzierung und die differenzierende Einwirkung (Induktion) sind eigene „Leistungen" der Zelle. Die abhängige Differenzierung einer Zelle durch solche Ein-

Digitized by Google

wirkung ist ihre Verwendung. Aber die Zelle kann dabei doch aktiv die Qualität des Geschehens mitbestimmend beteiligt sein; dann ist die Veränderung Differentiatio mixta, zugleich Leistung und Verwendung. Wenn solche eigene Mitbestimmung nicht stattfindet, dann ist die Veränderung passive Differenzierung wie sie z. B. in manchen Massenkorrelationen vorliegt. (Siehe auch Auslösung, elektive Auslösung Nr. 68a und Nr. 68b).

Es ist ferner das typische, also bei der typischen Entwickelung dem Teil zukommende Gestaltungsvermögen und das ihm in atypischen, sei es noch normalen (s. S. 183) oder abnormen Verhältnissen zukommende atypische Gestaltungsvermögen zu unterscheiden. Genaueres siehe S. 235.

87. Anm. zu pag. 49.

Diese Folgerung gilt natürlich wie alle Folgerungen streng nur soweit, als sie direkt erwiesen ist, also hier noch nicht für die ganze erste der oben (S. 94) unterschiedenen beiden Perioden der Ontogenese. Die Entwickelung jedes dieser der „Selbstdifferenzierung genauer der „Selbstdetermination" fähigen Bezirke" des Eies aber erfolgt ihrerseits natürlich durch differenzierende Wirkungen von Teilen dieses Bezirkes aufeinander, sie ist „abhängige Differenzierung dieser Unterteile oder mindestens Auslösung von Veränderung durch Wirkung eines Teiles auf den anderen (siehe S. 182).

88. Roux, W., Über das entwickelungsmechanische Vermögen jeder der beiden ersten Furchungszellen des Eies. Versamml. der Anatom. Ges. zu Wien, **1892**. Verhandl. S. 22—60.

89. Derselbe, Beitrag VII z. Entw.-mech. etc.: Über Mosaikarbeit und neuere Entwickelungshypothesen. Anatom. Hefte von Merkel-Bonnet. **1898**.

89a. Anm. zu Seite 50. (Siehe Nr. 5. II. S. 446, 828).

Daß dieses vordere halbe Kalb entstand und als solches fast bis zum ausgetragenen Zustande entwickelt worden war, beweist das Fehlen der Postgeneration bei einem Säuger. Dieser Mangel an Regulation ist zugleich ein weiteres Zeugnis für die „festere Mechanisierung" der typischen Entwickelung bei „höheren" Tieren (s. o. S. 79). Ähnliches bekundet sich in den vielfachen angeborenen Defektbildungen am Menschen (s. Nr. 90), die auch beweisen, daß die Postgeneration resp. Regeneration hier schon im Embryo fehlt, obschon bei den anderen Wirbel-

Digitized by Google

tieren, selbst bei den Vögeln (Barfurth) die Regeneration im Embryonalleben sehr groß ist.

90. Anm. zu Seite 50.

Auf Selbstdifferenzierung, genauer auf Selbstdetermination von beliebig abgegrenzten Teilen auch des Menschen deuten weiterhin die unvollkommenen Doppelbildungen desselben hin. Diese entsprechen in ihrer Anlage dem von mir formulierten „Gesetze der doppelten Symmetrie der Organanlagen" (Nr. 5. II. S. 333) und bieten wunderbarerweise jeden beliebigen, durch eine Ebene am typischen Individuum herstellbaren, mehr als die Hälfte repräsentierenden Abschnitt des Kopfes und Rumpfes meist in allen seinen Organen typisch gebaut, bis an die Vereinigungsebene doppelt angelegt dar. Nur an der Vereinigungsebene finden sich einige abnorme Formbildungen, die durch die Verschmelzung der homologen Organe bedingt sind.

90a. Anm. zu Seite 51.

Verwechselung der Bedeutung deskriptiver und experimenteller Ergebnisse.

C. Rabl, ein ausgezeichneter deskriptiv-entwickelungsgeschichtlicher Forscher, äußert sich (Homologie und Eigenart. Verhandl. d. Deutsch. path. Ges. II. 1901. S. 16) in bezug auf die kausalen Versuche, speziell Cramptons, über Isolation der beiden ersten Furchungszellen einiger Schnecken (Nr. 161), die zur Produktion von Halbembryonen führten, dahin, daß diese Versuche im Wesentlichen nur eine Bestätigung der Beobachtungen über die „normale, ungestörte" Entwickelung gebracht hätten.

Ähnliche Auffassungen wie diese (siehe auch oben S. 44, Nr. 75 und Nr. 79a, S. 429 oder Nr. 5, II. S. 75) werden von vielen deskriptiven Forschern geteilt. Daher wollen wir diese Argumentation etwas genauer prüfen.

Das vorstehende Urteil beruht auf einer Verwechslung von zwar auf Grund deskriptiver Beobachtungen vielleicht

Digitized by Google

zu Vermutendem aber durch nichts Bewiesenem mit exakt Erwiesenem. Der experimentelle Nachweis hat im vorliegenden Falle das Vermutete zufällig bestätigt. Hätte die experimentelle Forschung statt der Selbstdifferenzierung der Furchungszellen abhängige Differenzierung beider Zellen voneinander ergeben, so wäre das Vermutete unrichtig gewesen. Das Ergebnis „bestätigte" auch keine „Beobachtungen" der ungestörten Entwickelung, denn „Selbstdifferenzierung" lässt sich nicht an der ungestörten Entwickelung „beobachten"; und trotz ganz derselben normalen Beobachtung hätte die Entwickelung auch durch abhängige Differenzierung der Furchungszellen vor sich gehen können, wie es für Medusen gefolgert wird.

Weiterhin verwechselt Rabl zwei inhaltlich ganz verschiedene Ermittelungen, indem er hinzufügt, es wäre bei dem jetzigen geringen Stande unserer Kenntnis ganz gleichgültig, ob wir sagen, der betreffende Teil des Eies enthalte (NB. nach His) das „Material" zur Bildung oder (nach Roux) das „Vermögen" zur Bildung des mittleren Keimblattes.

Diese Unterscheidung des „Bildungsvermögens" eines Eiteiles vom bloßen „Bildungsmaterial" desselben ist gerade das Neue, Kausale.

Daraus, daß nach Crampton typischerweise aus dem Material nur der einen von den beiden ersten Furchungszellen eines Gastropoden (neben anderem) das Mesoderm gebildet wird, ist ebensowenig, wie daraus, daß aus einer Furchungszelle des Froscheies eine seitliche Hälfte des Froschembryos gebildet wird, schon zu folgern, daß diese Bildung auch ganz oder größtenteils aus in dieser Zelle liegenden determinierenden Energien geschehe, daß also die Ursachen, welche die Gestaltung bestimmen, in ihr erhalten seien. Es könnte sehr wohl auch anders sein.

Für das Mesoderm kann auf Grund der deskriptiv ermittelten, vielfach atypischen Bahnen seiner Stamm-

Digitized by Google

zellen nach meiner Meinung eher (s. Nr. 89) „vermutet" werden, daß die typischen Gestaltungen seines Anlagematerials zu einem wesentlichen Teile von den unter typischeren Materialumlagerungen gebildeten Grenzblättern aus determiniert werden, und zwar dies nicht bloß in bezug auf die Gestaltung derjenigen Blutgefäße, welche die Produkte des oberen und unteren Keimblattes ernähren. Für die Blutgefässe ist das Vorkommen solcher abhängigen Differenzierung durch ein Naturexperiment, durch die Ernährung der metastatischen Tumoren etc. erwiesen (s. Nr. 5, II. S. 1044) für andere Gebilde des Mittelblattes steht, soweit es überhaupt richtig ist, der Beweis noch aus.

Diese Determination ist nach Cramptons Ergebnis, soweit er die Selbstdifferenzierung beobachtete, nur von seiten der einen der beiden ersten Zellen des Schneckeneies möglich, die andere Zelle hat daran keinen Anteil. Wenn wir nun aber in der Fragestellung weitergehen, so bringt die durch das Experiment Cramptons gewonnene Einsicht noch keine Aufklärung darüber, ob in dem bestimmten, von Crampton einigemal entfernten Stück der einen Zelle bloß das Mesodermmaterial vorliegt, oder ob außer dem Material auch die Differenzierungsursache zur Mesodermbildung oder bloß diese in ihm enthalten ist. Solche Sachlage wird sich im Laufe der Forschung fortwährend wiederholen, denn wenn wir für „einen Eiteil" die „Selbstdetermination" nachgewiesen haben, und dann die Frage auf ein „Stück" desselben ausdehnen, werden stets neue besondere Untersuchungen über die besondere gestaltliche Leistungsfähigkeit dieses neu abgegrenzten Gebietes nötig sein.

Rabl betont ferner (Nr. 75), daß er (NB. also im Gegensatz zu Pflüger, Nr. 71 a und anderen) schon bevor noch irgendwelche Versuche zum Beweise der Selbstdifferenzierung des ganzen Eies gemacht waren, diese als sicher angenommen und vertreten habe. Derartiges geschieht vielfach,

Digitized by Google

ohne daß deshalb die Erbringung eines wirklichen Beweises (sofern sich nicht überhaupt etwas anderes dabei ergibt) überflüssig wäre, wie die bezüglichen Autoren es glauben.

91. Anm. zu Seite 51.

Andere Formulierung der Frage nach dem Ort der Gestaltungsursachen.

Man kann die Frage nach dem Ort der Gestaltungsursachen auch scheinbar umgekehrt stellen, indem man statt von einem künstlich isolierten, noch mehr oder weniger indifferenten Teile auszugehen und dessen Gestaltungsvermögen zu ermitteln, nach dem Ort der Ursachen einer Differenzierung, eines sichtbaren Gestaltungsvorganges fragt. Da sich aber dieser Gestaltungsvorgang für uns an sichtbar abgegrenztem Materiale vollzieht, so ist die Frage doch wieder wesentlich dieselbe wie vorher, denn sie lautet: liegen alle diese Gestaltung determinierenden resp. realisierenden Ursachen in dem sichtbar gestalteten Teile oder sind noch determinierende Einwirkungen und Ausführungswirkungen von außerhalb her auf dieses Material nötig. Ersteren Falles ist dann die Bildung „Selbstdifferenzierung dieses Materials". Erweist es sich, daß noch äußere Ursachen mitwirken, so ist ihr Ort, sowie die Zeit und die Art ihres Wirkens zu ermitteln. „Liegen alle Ursachen in dem Bezirke", so ist nun ihr Ort des Genaueren innerhalb dieses Bezirks aufzusuchen und ihre Wirkungsweise zu ermitteln (s. S. 180 Anm.).

92. Anm. zu Seite 52.

Historisches über die ursächliche Ortsforschung auf dem Gebiete des Organischen.

Die auf die Örtlichkeit des Geschehens und seiner Ursachen gerichtete Untersuchung hat bereits auf anderen Gebieten der Erforschung der Lebewesen den Grund zu ersten großen Fortschritten gelegt.

Digitized by Google

So war es die erste Aufgabe der exakten physiologischen Forschung, die Lokalisation, den Sitz der erkannten allgemeinen Funktionen des Wirbeltier-Organismus z. B. der Ernährung, Bewegung, Empfindung, des Bewußtseins, der Vermehrung zu ermitteln.

Auf dem Gebiete der Krankheitslehre bahnte es einen außerordentlichen Fortschritt an, daß Morgagni in seiner Schrift: de sedibus morborum die Forderung aufstellte, den Sitz der Krankheiten zu ermitteln, nachdem diese lange vermeintlich im ganzen Körper als selbständige Wesen herumgefahren waren. Diese Frage und ihre Beantwortung war die Vorbedingung der ganzen modernen Pathologie, denn letztere beruht auf der Erforschung der krankhaften Veränderung der einzelnen Organe, wie man noch fälschlich sagt, „durch die Krankheiten", also auf der Ermittelung ihrer Lokalisation. Selbst die Humeralpathologie und die Kenntnis der Bakterienwirkung beruhen im Grunde mit auf der Beantwortung dieser Frage. Die Lokalisation ist in diesen Fällen bloß eine sehr allgemeine; immerhin muß auch dieses erst festgestellt sein, ehe die „Wirkungsart" erforscht werden kann.

Auch die moderne Pharmakologie verdankt ihre großen Erfolge zum Teile dem Lokalisationsprinzip, der möglichst genauen Ermittelung der Wirkungsstellen der Arzneimittel. Wenn wir ermittelt haben, daß ein Medikament ein bestimmtes Organ oder eine bestimmte Gruppe von Ganglienzellen, deren physiologische Wirkungsweise, deren Funktion schon ermittelt ist, anregt, so wissen wir doch schon erheblich mehr als früher, wo beides noch unbekannt war, und als wir bloß im allgemeinen wußten, daß das Mittel „gut" gegen eine bestimmte Störung sei oder daß ein Stoff schädlich wirke.

Die großen Erfolge der modernen Hygiene beruhen gleichfalls wesentlich auf der Aufsuchung zunächst des Sitzes der Ursachen der Infektions-Krankheiten, des Milzbrandes, der

Digitized by Google

Malaria, der Tuberkulose, der Cholera und sind daher wesentlich prophylaktische nicht aber heilende.

Die Möglichkeit, jetzt alle unsere Nahrungsmittel als Konserven darzustellen, wurde durch die Erkenntnis gewonnen, daß das Verderben der Nahrungsmittel nicht auf Selbstzersetzung, also nicht auf im Nahrungsmittel selber gelegenen Ursachen sondern auf Einwirkung äußerer Ursachen (Bakterien, Pilze) beruht.

Nutzen der ursächlichen Ortforschung für unsere Zwecke.

Mit der genauen Kenntnis auch nur erst des Ortes eines gestaltenden Wirkens im Organismus, also mit der Erkenntnis der räumlichen Verhältnisse des Wirkens werden gleichwohl schon die Möglichkeiten der Art des Wirkens erheblich eingeengt, wenn wir die Wirkungsweise selber damit auch noch nicht kennen. Sofern wir z. B. wissen, daß die Ausbildung der sekundären Geschlechtscharaktere des Menschen durch das Nervensystem oder durch die Blutbahn vermittelt wird, muß auch das Wirken seiner Art nach verschieden vorgestellt und auf verschiedene Weise des weiteren zu erforschen gesucht werden.

Ebenso deutet es schon auf andere Wirkungsweisen hin, wenn wir nur ermittelt haben, daß eine gestaltende Wirkung durch voneinander entfernte Organe ausgeübt wird, als wenn die Gestaltung durch die Wirkung einander berührender Organe geschieht, desgleichen wenn die Veränderung durch Wirkung ganzer Zellen aufeinander oder nur innerhalb jeder einzelnen Zelle durch Wirkung ihrer Teile aufeinander sich vollzieht, ferner wenn gleichartige Teile aufeinander gestaltend wirken, oder wenn die Gestaltung durch ungleichartige Teile bewirkt wird. Jedenfalls aber vermögen wir die Art der differenzierenden Wirkungen nicht zu ermitteln, so lange wir noch in Zweifel sind, ob die Differenzierung eines Organes, z. B. der Linse des Auges, Selbstdifferenzierung der sichtbaren Organanlage ist, oder ob sie durch Einwirkung von außen her

Digitized by Google

auf diese Anlage veranlaßt ist. So lange können wir nicht einmal erkennen, ob diese Differenzierung einfache oder elektive Auslösung (Nr. 68a und b) ist, oder ob andererseits einseitige abhängige Differenzierung oder wechselseitige Differenzierung dabei stattfindet etc. (s. Nr. 78).

Die strenge Notwendigkeit des oben charakterisierten Untersuchungsganges, sukzessive immer genauerer Ermittelung des Ortes der typischen Faktoren und Komponenten einer Gestaltung vor der Ermittelung der Wirkungsweisen dieser Teilursachen, sowie vielfach der Zeit der expliziten Determination noch vor der Ermittelung des Ortes der Determinationsfaktoren und der Art des dabei stattfindenden Geschehens sind, gleichwie auch die Bedeutung und der analytische Wert der auf die Ortsforschung sich gründenden Distinktionen „Selbstdifferenzierung" und „abhängige Differenzierung" etc. noch nicht in ausreichendem Maße erkannt und gewürdigt. Dies hat einerseits zu mancher Vergeudung von Kraft und Zeit bei der Forschung sowie andererseits zu unrichtiger Beurteilung unserer Absichten geführt.

Da es sich bei der Entwickelung außer um typisches Einzelgeschehen noch um die typische Wiederholung einer Reihe von Vorgängen, um eine typische Folge handelt, so kommt bei ihrer kausalen Ermittelung zur Ortsforschung noch die Ermittelung der zeitlichen Verhältnisse der Ursachen: der Zeit des typischen Wirkens, also der Zeit der Aktivierung, somit der expliziten Determination und der Zeit der Ausführung des Determinierten hinzu, ehe wir zur Ermittelung der Qualität der einzelnen Gestaltungsursachen und ihrer Wirkungsweisen schreiten können.

93. Anm. zu Seite 53.
Chabry, L., Contribution à l'embryologie normale et pathologique des ascidiens simples. Paris 1887.

Driesch hat in Abweichung von der Auffassung Chabry's dessen Resultate als Ganzbildungen von halber Größe ge-

Digitized by Google

deutet, und diese Deutung später experimentell begründet. Danach gehören diese Versuche zu der auf Seite 67₂ erwähnten Gruppe.

93a. Driesch, Hans, Entwickelungsmechanische Studien I. Der Wert der beiden ersten Furchungszellen in der Echinodermenentwickelung. Zeitschr. f. wiss. Zool. 53. **1891**. S. 160.

Fiedler, Karl, Entwickelungsmechanische Studien. Festschr. f. Naegeli und v. Koelliker der Univ. Zürich. Zürich **1891**.

Barfurth, D., Über organbildende Keimbezirke und künstliche Mißbildungen des Amphibieneies. Anat. Hefte 3. **1893**.

Derselbe, Halbbildung oder Ganzbildung von halber Größe? Anatom. Anz. VIII. Jahrg. **1893**.

Morgan, d. H., Half-Embryos and whole-Embryos from one of the first two Blastomeres of the Froggs Egg. Anat. Anz. 10. **1895**. S. 632.

Endres, H., Anstichversuche an Eiern von Rana fusca. Zweiter Teil: Ergänzung durch Anstichversuche an Eiern von Rana esculenta sowie theoretische Folgerungen aus beiden Versuchsreihen. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 2. **1896**.

Crampton, H. E., Experimental Studies on Gasteropod Development. Arch. f. Entw.-mech. 3. **1896**. S. 1.

Fischel, A., Experimentelle Untersuchungen am Ctenophorenei. 1—4. **1897/98**. Arch. f. Entw.-mech. Bd. 6 u. 7.

Fischel, Alfred, Entwickelung und Organdifferenzierung. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 15. **1903**.

Wilson, Edmund B., Experiments on Cleavage and Lokalization in the Nemertine-egg. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 16. **1903**.

Wilson, Edmund B., Experimental Studies in Germinal Localisation. I The Germ.-Region in the Egg. of Dentalium. Journ. of experim. Zoölogy. Vol. I. Baltimore. **1904**.
II Experiments on the Clavage-Mosaic in Patella and Dentalium loc. cit.

Zeleny, Charles, Experiments in the Localisation of Developmental Factors in the Nemertine-Egg. loc. cit. Vol. I. **1904**.

Historisches über die Defektursache am Ei.

Da meine ersten, in den Jahren 1882—1884 angestellten, nach kurzer vorläufiger Mitteilung am 14. Februar **1884** (s. Nr. 5, II. S. 427) in der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur zu Breslau, im Jahre 1885 im ersten Beitrage zur Entwickelungsmechanik auf 43 Seiten (Nr. 4,

Digitized by Google

S. 434—477 oder Nr. 5, II. S. 153—202) publizierten Anstichversuche an Froscheiern wie dieser ganze Beitrag wenig bekannt geworden war, so hat man mehrfach angenommen, Chabry hätte mit seinen nachfolgenden Anstichversuchen diesen neuen Weg der Forschung eröffnet. Chabry gibt selber an, daß er seine bezügliche Untersuchung erst im Jahre 1885 begonnen hat. Ihre Publikation erfolgte im Jahre 1887, im selben Jahre, in welchem ich auf der Naturforscherversammlung zu Wiesbaden bereits meine zweite Mitteilung über dieses Thema, speziell über die Hemiembryonen veröffentlichte (siehe Nr. 86 oder Nr. 5, II. S. 419 sowie auch S. 957).

94. Anm. zu Seite 53.

Nichterfüllung der analytischen Versuchsbedingungen in den Nachversuchen.

Nur einer der Autoren, welche meine Anstichversuche am Froschei nachgemacht haben, O. Hertwig, gibt an (Nr. 162), daß er keine Hemiembryonen erhalten habe; sondern er berichtet, es seien in seinen Versuchen nach der Zerstörung der einen von beiden Blastomeren von vornherein fast ganze Embryonen mit nur geringen lokalen Störungen der Organisation angelegt und ausgebildet worden. Seine eigenen Bilder zeigen aber, daß diese fast ganzen Embryonen „nicht" aus einem „halben" Ei gebildet worden sind, sondern daß so viel von der angestochenen Zelle mit verwendet worden ist, als mehr als die Hälfte vom Embryo gebildet war, wie dies bei meinen ersten Anstichversuchen der Jahre 1882 und 1883 zumeist auch der Fall war (s. Nr. 93).

Soweit Hertwig nicht etwa das Stadium der reinen Halbbildung infolge zur rechten Zeit mangelnder Beobachtung verpaßt und daher Produkte der Postgeneration für primäre Bildungen beschrieben hat, hat er somit nicht die Versuche der Ausschaltung einer Eihälfte, sondern nur der Verletzung einer Eihälfte mit unvollkommener

Digitized by Google

Zerstörung derselben nachgemacht. Bei der Ausschaltung einer Eihälfte von der Entwickelung entsteht meist eine deutliche, fast ebene, durch die Mitte des Eies gehende Grenzfläche beider Eihälften und nach der Gastrulation noch eine entsprechend liegende äußere Ringfurche. Auch davon ist in Hertwigs Abbildungen nichts zu sehen. Gleichwohl glaubt er, die Möglichkeit des Vorkommens von Halbbildungen und der aus ihrer Bildung abgeleiteten Selbstdifferenzierung der Eihälften widerlegt zu haben.

Ebenfalls infolge solcher Nichterfüllung der analytischen Versuchsbedingungen hat derselbe Autor auch bei mehreren anderen, von ihm und seinen Schülern vorgenommenen angeblichen Wiederholungen meiner „analytischen" Versuche (wobei aber in Wirklichkeit also wesentlich andere Versuche gemacht worden waren), entsprechend abweichende Ergebnisse erhalten, und glaubt dadurch wiederum, meine Ergebnisse und die aus ihnen abgeleiteten Folgerungen widerlegt zu haben (s. Nr. 5, II. S. 895). Dasselbe gilt von den bezüglichen Nachuntersuchungen mancher anderen Autoren.

95. Anm. zu Seite 53.

Es würde zu weit führen, zu der folgenden überaus flüchtigen Übersicht die ganze ausgedehnte Literatur zu zitieren. Diese wird den Spezialvorträgen beigegeben werden. Es werden daher zu dem folgenden nur noch vereinzelt einige Literaturhinweise aufgeführt. Siehe auch die Berichte Nr. 116, 169 und 170.

96. Anm. zu Seite 53.

Arten der Determination. Prinzip der allmählich kleineren Determinationsbezirke.

Wir haben die Determinationen in implizite und explizite eingeteilt (S. 158). Nach den Örtlichkeiten der determinierenden Ursachen und ihrer Wirkungen sind folgende Arten der expliziten Determination zu unterscheiden:

1. Subjektive Determination:
   a) Vom Ganzen ausgeübte Determination: Totaldetermination.

Digitized by Google

b) Von Teilen ausgeübte Determination: Partialdetermination.

2. Objektive Determination:

a) Auf das Ganze ausgeübte Determination: Generaldetermination.

b) Auf Teile ausgeübte Determination: Spezialdetermination.

Totaldetermination kann sowohl General- wie Spezialdetermination bewirken; und umgekehrt braucht Partialdetermination nicht bloß Spezialdetermination zu veranlassen, denn ein Teil kann auch auf größere Teile oder auf das Ganze Gestaltung bestimmend wirken, also Generaldetermination veranlassen (s. Nr. 101a S. 656—671 oder Nr. 5, II. S. 894—918).

Es ist eine schon von His ausgesprochene Einsicht, daß der frühere Zustand des sich entwickelnden Eies die Ursache des folgenden ist. Das gilt aber, wie zu ergänzen ist, überhaupt nur für die Determination und für diese auch nur, soweit die Entwickelung auf Selbstdetermination des Eies resp. Embryos beruht, nicht soweit äußere Ursachen determinierend wirken (Nr. 79).

Wenn wir diese Art der Entwickelung analysieren, so ist zu fragen, ob der entwickelte Zustand des Eies als solcher schon die zureichende, die alleinige determinierende Ursache des folgenden Geschehens ist, so daß also die explizite Determination nach der ersten Aktivierung des Keimes kein besonderes Geschehen wäre, sondern die Determination nur durch das jeweilig Entwickelte dargestellt würde. Das könnte als richtig erscheinen, und wird es teilweise wohl auch sein. In unserem einfachen Entwickelungsmodell der 10 hefehaltigen Brotteigkugeln (S. 99) ist dies der alleinige Fall. Aber es braucht nicht notwendig so zu sein; sondern es können im bereits weniger oder mehr entwickelten Keim andererseits auch noch gar nicht betätigte, also noch implizite Potenzen vorhanden sein, die erst später aktiviert werden.

Digitized by Google

Dann ist deren Aktivierung ein besonderer Akt expliziter Determination. Auch noch andere Arten sind denkbar; früher Entwickeltes kann erst später wieder aktiviert werden und weiteres Geschehen determinieren.

Es kann also von Phase zu Phase, nach größerer oder kleinerer Zwischenzeit, eine neue Aktivierung noch impliziter oder bereits expliziter Potenzen stattfinden.

Bei der „atypischen" Entwickelung wird die explizite Determination in noch anderer Weise als besonderer Akt vorkommen. Denn bei dem, sei es vollkommenen oder unvollkommenen Ausgleich von z. B. durch Defekt von Teilen oder durch Verlagerung von Furchungszellen bewirkten Störungen muß, dem uns bekannten Erfolge nach zu urteilen, neues, dem Besonderen der Störung angepaßtes Geschehen determiniert und ausgeführt werden. Man kann dies regulatorische Determination nennen. Sie ist etwas im typischen noch nicht vollständig Enthaltenes, sondern erst durch die hinzugekommene Alterationsursache Bewirktes, mindestens Ausgelöstes (s. S. 81, 84).

Wenn wir erst vom Speziellen mehr wissen, werden auch unsere jetzt noch sehr unklaren Vorstellungen über diese Arten des Geschehens deutlicher werden.

Oben (S. 53) ist das Ergebnis gewonnen worden, daß bei Amphibien, einigen Seeigeln, Quallen und Schnecken die typische Entwickelung durch Selbstdifferenzierung, genauer durch Selbstdetermination der ersten Furchungszellen (und NB. auch vieler späterer Zellen) erfolgt. Da diese Zellen also nach ihrer durch Zellteilung erfolgten Sonderung sich ohne die anderen Teile, somit unabhängig vom Ganzen eine Strecke weit gleichwohl in der zu dem späteren Ganzen passenden Weise entwickeln, so muß die explizite Determinierung mindestens der den Teil in seiner typischen Beziehung zum Ganzen charakterisierenden Struktur schon vor der Sonderung dieser Furchungszellen stattgefunden haben. Dieses muß bei

Digitized by Google

den ersten Furchungszellen mindestens in dem Maße geschehen, als sie schon auf entwickelte Weise, also explizite einen bestimmten Teil des Ganzen darstellen, nämlich soweit, daß sie als eine linke oder rechte Hälfte des Ganzen mit passender Lage der Hauptrichtungen zur anderen Hälfte charakterisiert sind (Nr 34. S. 704 oder 5, II. S. 538, 401). Das Speziellere ihrer weiteren Ausgestaltung kann danach entsprechend dem Vorschreiten der expliziten Entwickelung innerhalb dieser Teile, durch differenzierende Wirkungen von Unterteilen aufeinander immer vor und während jeder neuen Zellteilung, zur noch ganzen sich teilenden Zelle passend, und damit auch zu dem durch sie explizite repräsentierten Teile des Ganzen also zum Ganzen passend, explizite bestimmt werden. Bei nicht der Selbstdifferenzierung fähigen Zellen kann die entsprechende Determination natürlich auch noch nach ihrer Abgliederung geschehen.

Wir folgern so aus dem Selbstdifferenzierungsvermögen der Furchungszellen ein Prinzip der anfänglichen expliziten Determination mindestens der allgemeinsten Gestaltung des Ganzen vom Ganzen aus, also der anfänglichen Kombination von Generaldetermination und Totaldetermination. Und aus der Selbstdifferenzierung vieler kleinerer Teile späterer Entwickelungsstufen ist ein Prinzip der Bildung allmählich kleinerer expliziter Determinationsbezirke durch Kombination von Partialdetermination und Spezialdetermination innerhalb immer kleinerer Teile zu entnehmen.

Man kann weiterhin die Frage aufwerfen, wie weit bei der ganz typischen, also von jeder Störung freien Entwickelung diese anfängliche Determination ausreicht; ob sie für die ganze auf Seite 94 unterschiedene erste Periode, für die Periode der direkten (d. h. ohne funktionelle Reize arbeitenden) Gestaltung zulangt, oder ob nochmals oder auch öfter eine Nachbestimmung, eine **Postdetermination** vom Ganzen aus auf die Teile nötig ist.

Digitized by Google

Sofern, wie nicht wahrscheinlich ist, die größere Selbstdifferenzierungsfähigkeit isolierter größerer Zellkomplexe als der kleineren, sie zusammensetzenden Teile nicht etwa allein durch die im größeren Verbande geringere schädigende Einwirkung des Mediums auf die einzelnen Zellen des Komplexes bedingt wird, würde diese weitergehende Selbstdifferenzierungsfähigkeit größerer Teile bedeuten, daß die Selbstdifferenzierungsfähigkeit der Unterteile, wenn sie erschöpft ist, wieder durch Einwirkung größerer Teile oder des Ganzen neu hergestellt wird, daß also eine Postdetermination stattfindet. Danach kann dann das neu Bestimmte wieder ohne weitere äußere determinierende Einwirkung ablaufen. Wie oft diese eventuelle Postdetermination bei dem bisher allein besprochenen, mit „Selbstdifferenzierung von Teilen" verlaufenden Modus der typischen Entwickelung stattfinden muß, ist erst zu ermitteln. Bei dem unten (S. 69 und 241) hypothetisch angenommenen anderen Modus von „typischer Entwickelung ohne Selbstdifferenzierung von Teilen" wäre die Determination vom Ganzen auf die Teile als kontinuierlich erfolgend zu denken; und es müßte also dann das „entwickelte" Ganze entweder für sich allein oder noch durch Aktivierung von somatischem Keimplasma die determinierende Ursache jedes folgenden Geschehens sein.

97. Anm. zu Seite 54.

Intraelektrolytäres Verhalten der Froscheier.

Für ein solches zurzeit nicht auf seinen Wert zu prägendes Korn hat bisher auch meine Beobachtung gegolten, daß bei der intraelektrolytischen Durchströmung des in wenige oder viele Zellen geteilten lebenskräftigen Froscheies jede einzelne Zelle Polfelder bildet, während das sehr geschwächte (aber nicht tote) Ei derselben Entwickelungsstufe nur als Ganzes auf den elektrischen Strom reagiert, indem es zwei große Polfelder bildet, von denen jedes aus mehreren oder vielen in toto veränderten Zellen besteht (s. Nr. 5, II. S. 762).

Digitized by Google

Da ich indes glaubte, daß die Bedeutung dieser Beobachtung weniger eine gestaltliche als eine funktionelle sein werde, habe ich den Fund durch nachträgliche zweimalige Publikation in physiologischen Zeitschriften den Physiologen zur weiteren Bearbeitung empfohlen, aber vergeblich. L. Hermann allein nahm darauf Bezug und sprach aus, daß die Physiologie zurzeit nichts damit anfangen könnte, vielleicht später. Jetzt glaube ich, doch noch wenigstens die allgemeinste Bedeutung dieses Befundes erkannt zu haben (s. S. 72).

98. Born Gust., Über Verwachsungsversuche mit Amphibienlarven. Arch. f. Entw.-Mech. 4. 1897.

Crampton, H., Ed., An experimental study upon Lepidoptera Arch. f. Entw.-Mech. 9. 1899.

Braus, H., Einige Ergebnisse der Transplantation von Organanlagen bei Bombinatorlarven. Verh. d. anat. Ges. 1904 S. 58—65. Siehe dazu auch Roux' Referat im Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 17 S. 526 u. f.

99. Peebles, Flor., Experiments in Regeneration and Grafting of Hydrozoa. Arch. f. Entw.-Mech. 10. 1900. Desgl. of Hydroids. eod. loco 1902.

Joest, E., Transplantationsversuche an Lumbriciden. Arch. f. Entw. Mech. 5. 1897.

100. Schaper, Alfred, Experimentelle Studien an Amphibienlarven. Erste Mitteilung: Haben künstlich angelegte Defekte des Centralnervensystems oder die vollständige Elimination desselben einen nachweisbaren Einfluß auf die Entwickelung des Gesamtorganismus junger Froschlarven? Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 6. 1898.

Harrison, R. G., Experimentelle Untersuchungen über die Entwickelung der Sinnesorgane der Seitenlinie bei den Amphibien. Arch. f. mikr. Anat. 68. 1903. p. 35—149.

101. Anm. zu Seite 55.

Spezifikation.

Das „Besonderswerden" und die „Besonderheit" des entwickelungsmechanischen Vermögens, der Potentia differentiationis (S. 195) eines lebenden Gebildes oder Teiles werden gewöhnlich gemeinsam als Spezifikation bezeichnet (lateinisch also als Specificatio potentiae differentiationis). Der Name

Digitized by Google

Spezifikation paßt eigentlich nur für das „Besonderswerden"; das Besonderssein heißt Specietas, Specietät (Barfurth). Doch wird häufig Werden und Gewordenes mit demselben Worte bezeichnet. So wird das Wort Differenzierung nicht bloß für die Entstehung der Besonderheit der Gestalt und Struktur, sondern auch für die Besonderheit selber gebraucht. Aber besser ist es, strenger zu unterscheiden und daher „Specietät" mit in entsprechenden Gebrauch zu nehmen.

Die Ursachen der „vorhandenen" Besonderheit, also der Specietät zunächst des „aktiven" Gestaltungsvermögens verschiedener Teile des Keimes, Embryos etc. liegen erstens im Verschiedensein „der Struktur und Gestalt" des betreffenden Gebildes, also in seiner „Differenzierung"; außerdem aber auch in verschiedenem Gehalte des Gebildes an Keimplasma, an Reserveidioplasson (s. Nr. 5, I. S. 344, II. S. 868, 916 und C. Hasse Nr. 182). Bezüglich der Ursachen der Besonderheit des „abhängigen" Gestaltungsvermögens kommt zu diesen Momenten noch die Lage der betreffenden Teile zu anderen, differenzierende Wirkungen auf sie ausübenden Teilen; und bei der „passiven" Potenz ist diese die Hauptsache und das Keimplasma bleibt unbeteiligt.

Sind die determinierenden Entstehungsursachen des gestaltenden Vermögens eines von uns zur Prüfung ausgewählten Teiles in ihm selber gelegene Faktoren, so ist die Bildung dieses Vermögens **Selbstspezifikation** dieses Teiles, Specificatio sui; soweit dagegen äußere Einwirkungen determinierend beteiligt sind, ist sie **abhängige Spezifikation,** Specificatio relativa. Die Spezifikation ist typisch, wenn diese inneren oder bei Teilen auch äußeren Ursachen die Folge der typischen Beschaffenheit des Keimplasmas sind; sie ist atypisch, wenn, resp. soweit andere Ursachen daran beteiligt sind (S. 183). Die bei der Betätigung dieses Vermögens entstehende Differenzierung kann Selbstdiffe-

Digitized by Google

renzierung des Teiles oder differenzierende Einwirkung auf andere Teile sein*) (S. 180).

Die Spezifikation eines Teiles ist also nicht „allein" von dieser unterschieden werden. So kann z. B. jedes an beliebiger Stelle ausgeschnittene, die ganze Dicke der Leibeswand einer Hydra enthaltende Stück den ganzen Polypen wieder bilden der Differenzierung desselben abhängig, muß sie daher wohl von (Nußbaum), es ist somit totipotent. Also ist die besondere explizite Differenzierung des Stückes für die in diesen atypischen Verhältnissen betätigte Totalpotenz ganz nebensächlich; demnach ist wohl das im Stück vorhandene Vollkeimplasma die Ursache dieser Leistungsfähigkeit. Die spezielle Art der Regenerationsvorgänge aber ist von der vorhandenen expliziten Differenzierung des Stückes abhängig.

101a. Roux, W., Über die Spezifikation der Furchungszellen und über die bei der Postgeneration und Regeneration anzunehmenden Vorgänge. Biolog. Centralbl. Bd. 13. **1893.** Nr. 5 II, S. 872—918.

102. Anm. zu Seite 55. Siehe Nr. 96.

103. Herbst, C., Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der veränderten chemischen Zusammensetzung des umgebenden Mediums auf die Entwickelung der Tiere. I. Versuche an Seeigeleiern. Zeitschr. f. wiss. Zool. 55. 1892. S. 446.

*) Anm. Wenn eine Zelle der abhängigen Differenzierung unterliegt, so ist es selbstverständlich, daß es von ihrer Lage im Ganzen oder mindestens zu Nachbarn abhängt, was aus ihr wird. Indem ich seinerzeit (1885, Nr. 4) die Distinktion der abhängigen Differenzierung machte und die genaue Ermittelung des Anteils dieser Differenzierung an der Gestaltung der einzelnen Teile als Postulat aufstellte, sowie darauf hinwies, daß auch die Selbstdifferenzierung eines Bezirkes auf abhängiger Differenzierung „seiner Teile" beruhen muß, und indem ich noch besonders die Regeneration durch Umordnung und Umdifferenzierung von Zellen unterschied, habe ich damit das Prinzip der Abhängigkeit der Differenzierung von der Lage der Zellen vertreten (s. Nr. 5, II. S. 911, 913). Nicht aber habe ich dies Prinzip verleugnet, wie mir vielfach, und wohl deshalb zugeschrieben wird, weil ich zunächst Selbstdifferenzierung von Bezirken erforscht und sonstiges Beweismaterial für ihr Vorkommen gesammelt habe (s. Nr. 4).

Digitized by Google

103a. Anm. zu S. 55. Zur Bildung der Linse des Auges.

Doch sind auch Beobachtungen gemacht, welche im Sinne selbständiger Anlage der Linse des Auges ohne Anregung von der Augenblase gedeutet worden sind. Mencl, Lenhossek, H. King.

Nach den anderen Ergebnissen liegt in der Bildung der Linse eine „elektive Auslösung", somit eine Zwischenstufe einfacher Auslösung (also von Selbstdifferenzierung) und von einseitiger abhängiger Differenzierung vor (s. Nr. 68b S. 658).

G. Wolff (Nr. 163) schreibt der Linse eine „funktionelle Struktur" meiner Definition zu, und knüpft daran Einwendungen gegen meine Theorie von der funktionellen Anpassung. Er hat aber den Beweis, daß die spezifische Struktur der Linse eine funktionelle sei, nicht angetreten. Im Gegensatze dazu vertritt Schaper die Auffassung, daß die Linse von Sinnesknospen herstammt, uud daß von dieser Abstammung ihre besondere Struktur sich ableitet.

Außerdem ist es ein Irrtum G. Wolffs, daß nach meiner Meinung funktionelle, d. h. der Funktion bis ins Feine angepaßte Strukturen nur durch funktionelle Anpassung entstehen könnten. Ich habe im Gegenteil hervorgehoben, daß die typischen funktionellen Strukturen der Hauptsache nach durch die nicht funktionellen gestaltenden Energien der ersten embryonalen Entwickelungsperiode gebildet werden (S. 95).

104. Neumann, E., Einige Bemerkungen über die Beziehungen der Nerven und Muskeln zu den Centralorganen beim Embryo. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 13. 1901.

105. Rörig, A., Über Geweihentwickelung und Geweihbildung I—IV Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 10 und 11. 1900.

106. Kromayer, E., Die Parenchymhaut und ihre Erkrankungen. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 8. 1899.

Roux, W., Homotropismus und Allotropismus, Homophilie, Allophilie und ihre Unterarten. eod. loco S. 355—359.

106a. Herbst, Kurt, Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der veränderten chemischen Zusammensetzung des umgebenden

Digitized by Google

Mediums auf die Entwickelung der Tiere. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 2. 1896., Bd. 5 1897, Bd. 17 1903.

106b. Herbst, Kurt, Formative Reize in der tierischen Ontogenese. Ein Beitrag zum Verständnis der tierischen Embryonalentwickelung. Leipzig, 1901. 125 S.

107. Anm. zu Seite 57.

Unterscheidung von „Reizwirkungen" und „gestaltenden Reaktionen".

Die Bezeichnung „Reiz" ist der Überlieferung entsprechend nur für die Veranlassung eines Geschehens, dessen Art dabei nicht von dem Reize selber determiniert wird, zu gebrauchen, also für Geschehen, welches wir Auslösung einer „Selbstdifferenzierung" oder sonstigen Selbsttätigkeit nennen. Davon abweichend verwendet C. Herbst (Nr. 106b) das Wort auch dann, wenn die Qualität der Einwirkung die Qualität der Reaktion wesentlich mitbestimmt, somit für Veranlassung dessen, was ich als „abhängige Differenzierung" bezeichne. „Formativer Reiz" wäre dann dasselbe wie „differenzierender Faktor", so daß das Wort Reiz seine besondere, historische Bedeutung verlieren würde. Auch der Begriff der „Auslösung" wird von ihm umgedeutet. Auslösung bedeutet danach nicht nur „Selbstdifferenzierung", sondern sie fiele auch mit in den Bereich meiner „einseitigen, abhängigen Differenzierung". (Siehe Nr. 68a und b u. 78). Diese Abweichungen vom üblichen Sprachgebrauch führen zu allerhand störenden Konsequenzen.

Da wir zudem bei den organischen Gestaltungsvorgängen oft noch nicht wissen, ob wirklich bloß eine „Reizwirkung" also Veranlassung einer Selbstdifferenzierung oder eine auch in ihrer Qualität von der Qualität der Einwirkung „abhängige Differenzierung" vorliegt, und da wir auch die ev. Reize selber meist noch nicht kennen, so habe ich es seinerzeit vorgezogen, in diesen Fällen bloß das zu nennen, was wir wirklich wissen und daher nur von gestaltenden Beziehungen, von einseitigen gestaltenden

Digitized by Google

Relationen resp. von wechselseitigen Korrelationen von Teilen, sowie von gestaltenden Reaktionen zu sprechen. Das scheint mir auch jetzt noch sachgemäßer, als das Wort Reiz in wesentlich verschiedenem Sinne zu verwenden. Wo wir es aber können, müssen wir Auslösung oder Reizwirkung streng von abhängiger Differenzierung scheiden (siehe auch „elektive Auslösung" S. 185).

108. Anm. zu Seite 57.

Meine Versuche mit chemischen Reagentien.

Es sei erlaubt, darauf hinzuweisen, daß ich gleichfalls chemische Reagentien auf Eier und junge Embryonen angewandt und dabei ein Paar vielleicht erwähnenswerte, aber unbekannt gebliebene morphologische Resultate erhalten habe.

Zunächst prüfte ich die sogenannten Plastika der Heilkunde, die angeblich „Bildung anregenden" Mittel, auf ihre Wirkung auf die Froscheier und jüngsten Embryonen, ohne aber einen evidenten Erfolg zu erzielen. Dagegen ergab die Anwendung von Glyzerin, Borsäure, Wasserglas als allgemeinstes Resultat Lösung des epithelialen Verbandes unter Rundung der Epithelzellen (Framboisia minor Nr. 5, II. S. 152, 564, 887), die auch sonst vorkommt und ein erstes Zeichen des Absterbens der frühesten embryonalen Gebilde darstellt. Sie ist seitdem von vielen Autoren teils bewußt teils unbewußt wiedergefunden worden. Ferner zeigte sich, daß Borsäure in geeigneter Konzentration zunächst nur das Epithel der Medullarplatte zerstört (Nr. 5, II. S. 887, 152), worauf ich die Hoffnung gründete, mit dieser Methode Embryonen ohne Zentralnervensystem zu machen, was aber durch Regeneration vereitelt wurde. (A. Schaper erreichte später dasselbe Ziel durch mechanischen Eingriff annähernd, Nr. 100) Außerdem veranlaßte die angewandte Borsäure, daß die Nasengruben, statt in die Tiefe zu wachsen, nach außen vorgehoben wurden: Teleskopform der Nase.

Digitized by Google

(Nr. 5, II. S. 887 und Verhandlg. d. Ges. deutsch. Naturf. u. Ärzte zu Wien, **1894**, S. 169). Durch 1—2 prozentige Kochsalzlösung kann Polyspermie veranlaßt werden (Nr. 5, II. S. 362).

108a. Bataillon, E., Etudes experimentales sur l'Evolution des Amphibiens. Arch. f. Entw.-Mech. XII. Bd. 1901.

Bataillon, E., Sur l'evolution de la fonction respiratoire chez les oeufs d'Amphibiens. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 12. 1901.

Davenport, Charles Benedikt, Experimental morphology. Part. II.: Effect of chemical and physical agents upon growth. 1899.

108b. Schaper, Alfr., Beitr. zur Analyse des tierischen Wachstums. I. Teil. Quellen, Modus und Lokalisation des Wachstums. Arch. f. Entw.-Mech. 16. 1902.

109. Loeb, J., Über den Einfluß von Alkalien und Säuren auf die embryonale Entwickelung und das Wachstum. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 7. 1898.

Bataillon, E., Nouveaux essais de Parthénogénèse expérimentale chez les Vértébrés inférieurs (Rana fusca et Petromyzon Planeri). Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 18. 1904.

Bataillon, E., Les agens dits »specifiques« en Tératogénèse et en Parthénogénèse expérimentales. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 18. 1904.

Loeb, J., Fischer, M. u. Neilson, H., Weitere Versuche über künstliche Parthenogenese. Arch. f. d. ges. Physiolog. Bd. 87.

Delage, Yv., Nouvelles recherches sur la Parthénogénèse expérimentale chez Asterias Glacialis. Arch. de Zoologie Experimentale. 1903.

Garbowsky, T., Über Parthenogenetische Entwickelung der Asteriden. Extrait du Bulletin de L'Academie des Sciences de Cracovie. 1904.

Derselbe. Parthenogenese bei Porthesia. Zoolog. Anz. Bd. 27. 1904.

109a. Boveri, Th., Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften. Sitzungsber. d. Ges. Morph. Phys., München, 5, 1889, S. 73.

110. Anm. zu Seite 60.

Deutung der Experimente über die Vererbung vom Individuum erworbener Eigenschaften.

Die frappierenden Ergebnisse der Versuche von Standfuß und von E. Fischer an Schmetterlingen durch Wärmeeinwirkung*)

*) Lit. s. in den zusammenfassenden Referaten über Standfuß Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 13. S. 477, 1902 und über E. Fischer Bd. 16. S. 651, 1903. Siehe auch Ant. Stolc Nr. 180.

Digitized by Google

lassen indes noch eine andere Deutung zu, eine Deutung, wonach es sich nicht um Übertragung neuer Eigenschaften des „entwickelten" Körpers (des Soma) auf das Keimplasma der Keimdrüsen handelt. Diese Übertragung schlösse zwei verschiedene Vorgänge ein: die Implikation, die Zurückverwandlung von Entwickeltem in Unentwickeltes und die Übertragung vom Soma auf das Plasma der Keimdrüsen: die Translatio, diese noch verbunden mit dem Einfügen des Übertragenen an der rechten Stelle der impliziten Struktur (s. Nr. 5, I. 214, II. 61, 401, 538, 1023). Da aber das in den Keimdrüsen eingeschlossene Keimplasma von der diffusen Wärmeeinwirkung mitbetroffen werden konnte, und da das entwickelte Tier selber vermutlich in vielen Zellen auch noch Keimplasma, das somatische Keimplasma enthält, so kann die durch diese Wärmewirkung hervorgebrachte scheinbare erbliche Übertragung einer entwickelten Veränderung auf die Keimdrüsen auch von direkter Einwirkung auf die Keimdrüsen und von gleicher Veränderlichkeit des im Soma und in den Geschlechtsdrüsen enthaltenen Keimplasmas herrühren, wobei noch ein gestaltender Einfluß des somatischen Keimplasmas auf den entwickelten Körper vorauszusetzen ist (s. Nr. 5, II. S. 61), wie wir ihn oben (S. 83) für die Regulationen angenommen haben. Wie das Geschehen in Wirklichkeit ist, ist erst noch zu ermitteln.

111. Anm. zu Seite 60.

Weitere Anwendung anorganischer Versuche zur Aufklärung organischer Vorgänge.

Das anorganische Experiment ist auch von mir mehrfach angewandt worden, um Aufschluß über Ursachen organischer Gestaltungen zu gewinnen.

1. Dies geschah zuerst in meiner Doktordissertation (1878, Nr. 1a), zur Erklärung der gefundenen „Regeln" der Verzweigung der Blutgefäße. Durch den Vergleich mit Flüssigkeitsstrahlen wurde erkannt, daß die eigenartige Gestalt des

Digitized by Google

Lumens der Blutgefäße an den Verzweigungsstellen meist einen Abguß der bei entsprechender Ausflußöffnung durch die hämodynamischen Kräfte bedingten Eigengestalt des Blutstrahles darstellt, und daß also auch die Richtung des Astes an seiner Ursprungsstelle durch die hämodynamischen Kräfte bestimmt wird. Danach erst biegt der Ast zu derjenigen Richtung um, welche ihn zu dem von ihm versorgten Bezirke führt. Dadurch lernten wir die Tatsache kennen, daß besonders die Intima der Gefäße sich in wunderbarer Weise an die hämodynamischen Wirkungen des Blutstrahles anpaßt (s. Nr. 5, I. S. 48—64). Denn die Versuche über die direkt mechanisch modellierenden Wirkungen des Blutstrahles ergaben, daß diese Anpassung nicht rein passiv bewirkt werden kann. Sie führten so zur Aufstellung meiner Theorie der funktionellen Anpassung, welche in der zweiten dieser beiden Spezialarbeiten kurz entwickelt ist (Nr. 1 b, 1879 od. Nr. 5, I. S. 95 bis 101) und dann in Nr. 2 a ausführlich publiziert wurde.

2. Zur Aufklärung über die funktionelle Bedeutung normaler und abnormer Knochenstrukturen wurden Gummimodelle verwendet, die mit Paraffin oder Stearin bestrichen waren. Bei der Beanspruchung dieser Modelle auf Druck, Zug oder Torsion entstehen Sprunglinien längs der Druck-, Zug- resp. Abscheerungstrajektorien (1885, Nr. 5, I. S. 672—698), so daß man die Richtungen stärkster Funktion direkt wahrnehmen kann.

3. Zwei Flammen, eine von einfachem Papier, und die andere von Papier, welches mit Terpentinöl getränkt war, die zusammen unter einen Glastrichter gehalten wurden, zeigten den Kampf der Probionten ums Dasein (um Raum und Nahrung: Luft) sowie die Tötung des schwächeren Selbsterhaltungsprozesses durch den stärker assimilierenden ähnlichen Prozeß bei Beschränkung des Raumes und der Nahrung. Sie ergaben so ein augenfälliges Beispiel

Digitized by Google

des entsprechenden Kampfes der Zellen im Organismus um Raum und Nahrung (1885. Nr. 5, II. S. 218 und 23a*).

4. An Quecksilbertropfen sowie an mit Metallpulver bestreuten und dadurch „ihrer Gestalt nach" „elektrisch reaktionsfähig" gemachten Nachbildungen der Morula wurden Versuche angestellt, um die eigenartige Lokalisation der von mir entdeckten vitalen gestaltenden Reaktion der tierischen Keime auf den elektrischen Strom zu erklären (1891, s. Nr. 5, II. S. 659—714).

5. Über die Gestaltverhältnisse der Furchung der Eier gaben Experimente an Öltropfen einige Aufklärung (Arch. f. Entw.-mech. Bd. IV. 1896).

Durch diese Versuche kann man fast alle bei der Furchung der verschiedenen Tierabteilungen vorkommenden Furchungsbilder sich bilden lassen. Dabei sind folgende Teilursachen tätig: Kreisförmig pressende Einschließung durch das Gefäß, die homogene Oberflächenspannung aller Tropfen, die relative Größe dieser Tropfen, die primär gegebene Anordnung (Reihenfolge) der verschieden großen Tropfen und die leichte Verschiebbarkeit der Tropfen gegeneinander im Verhältnis zur von außen her sie zusammenpressenden Kraft und zur Größe der Oberflächenspannung. Diese gegebenen Faktoren bewirken zusammen dann sekundär eine neue Anordnung und Gestaltung der Öltropfen, welche insbesondere von den Grössenverhältnissen der Tropfen aber nicht von der Teilungsrichtung derselben abhängig ist. Die Wirkung der letzteren geht ganz verloren. Nur insofern die Teilungsrichtung die erwähnte Reihenfolge verschieden grosser Tropfen mitbestimmt, ist sie in diesem Versuche von Bedeutung.

*) Driesch u. a. haben diesen Kampf der niederen Bionten verworfen und ihn nur mit dem chemischen Geschehen in einem Probiergläschen verglichen. Sie verkannten dabei, daß es sich letzterenfalles nicht um Gebilde, welche sich im Stoffwechsel durch Assimilation selber erhalten und nicht um Vernichtung dieser Selbsterhaltungsfähigkeit handelt, wie es bei dem Kampfe der Zellen sowie der Flammen der Fall ist (s. Nr. 147).

Digitized by Google

In denjenigen Fällen von Furchung der Eier, in denen bei gleichen Größenverhältnissen und gleichen primären Anordnungsverhältnissen der Furchungszellen dieselben sekundären Ordnungen und Gestaltungen entstehen wie bei den Öltropfen, dürfen wir wohl zunächst annehmen, daß auch dieselben Faktoren diese sekundäre Gestaltung bewirken, und daß zur Zeit der Entstehung dieser Anordnung homogene Oberflächenspannung der beteiligten Furchungszellen bei ausreichender Verschiebbarkeit derselben gegen die umordnenden Kräfte vorhanden ist. Die äußere Zusammenpressung ist vielfach durch die Dottermembran etc. gegeben, kann aber wohl auch als besondere Leistung (Zellenzusammenfügung, Cytarme, Nr. 112) durch typische Herabsetzung der Oberflächenspannung an den Berührungsflächen vertreten werden. Damit tritt aber schon ein neues, oft bald der weiteren Umordnung Widerstand leistendes Moment ein. Weiterhin erkannte ich am Froschei durch nachträgliche Verkleinerung der Furchungszellen (unter Austritt von Substanz), daß die bei entsprechender Verkleinerung der Ölkugeln stattfindende Umordnung und Umgestaltung hier ausblieb, jedenfalls weil die Furchungszellen schon nicht mehr ausreichend gegeneinander verschieblich waren.

6. Ferner gelang eine Nachahmung der Kopulation der beiden Geschlechtskerne im Ei durch Chloroformtropfen, welche auf einer gesättigten wässerigen Karbolsäurelösung schwimmen. Nach Erwärmung des Chloroformfläschchens in der Hand ergiebt sich eine Selbstkopulation von 6—10 Zentimeter voneinander entfernten Tropfen, die unter großen, oberflächlich divergierenden und tief aus der Flüssigkeit konvergierenden Strahlungen verläuft. (s. o. S. 151 und Nr. 23 S. 11, 1889 od. Nr. 5, II. S. 34).

Die Tropfen erlangen dabei zuletzt eine den vielstrahligen Heliozoen (Sonnentierchen) sehr ähnliche Gestalt.

Digitized by Google

Die Selbstkopulation beider Tropfen, von welchen als Zentren an der Oberfläche des flüssigen Mediums radiäre abstoßende, also stemmende Strahlen ausgehen, erfolgt erst, sobald die beiden Radiationssphären sich zufällig berühren und so zu teilweisem Zusammenwirken gelangen. Vorher ist jede Radiationssphäre in sich im Gleichgewicht. Sobald diese Berührung stattgefunden hat, werden durch die zusammenstoßenden Abstoßungsstrahlen neben a a beider Systeme (s. Textfigur 1) nach außen gerichtete Resultanten gebildet, und

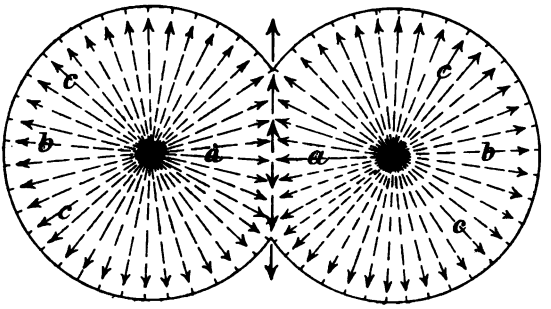


Fig. 1.
Selbstkopulation von zwei Chloroformtropfen.

die beiden Sphären verbreitern sich rasch in Richtung der freiliegenden Pfeile bis zu einer annähernd kreisförmigen Gesamtform. Die zwischen den Zentren liegende oberflächliche Masse wird rechtwinkelig zur Verbindungslinie der Tropfen in deutlich sichtbarer Weise nach außen befördert, und so wird Näherung der Tropfen hervorgebracht. Diese geschieht aber nicht allein durch die Wirkung der sich treffenden Strahlen a a der beiden Systeme (sie würden durch ihre abstoßende Wirkung die beiden Tropfen im Gegenteil voneinander entfernen), sondern die Näherung wird bewirkt, indem die Strahlen auf der entgegengesetzten Seite bei b b und c c derartig mitwirken, daß sie den zusammenstoßenden Strahlen Widerstand leisten. Da nun aber die Wirkung der Strahlen nicht mehr in jedem System für sich geschlossen ist, sondern beide Systeme, wo sie zusammenwirken, ihre Strahlen nach außen ablenken, erhalten

Digitized by Google

die Strahlen bb und cc sogar das Übergewicht über die abgelenkten Strahlen neben aa und nähern daher durch ihre abstoßende, stemmende Wirkung die Zentren einander mit großer Kraft und zunehmender Geschwindigkeit. Es bietet sich so ein schönes Beispiel von Näherungswirkung, von scheinbarer **Anziehung durch primäres Abstofsungsgeschehen.**

Wenn die Wirkung bei derselben bizentrischen Anordnung in umgekehrter Richtung erfolgte, also wenn statt Abstoßung Anziehung in den radiären Strahlen stattfände, würde statt der primär dadurch intendierten Selbstnäherung beider Zentren (NB., sofern noch einige Nebenumstände wie geeignete Größe der Kohäsion, Oberflächenbeschaffenheit etc. erfüllt sind) durch das Zusammenwirken beider, anfänglich zu einem Kreise vereinigter Systeme wieder das Gegenteil der ursprünglichen Wirkungsweise stattfinden. An Stelle von Näherung der beiden Zentren würde eine Sonderung der vorher gemeinsamen Masse erfolgen. Diese würde von außen her beginnen und mit der Abrundung jedes von beiden Teilen auch eine entsprechende geringe Entfernung ihrer Massenmittelpunkte bewirken, ähnlich wie dieses bei der Zellteilung geschieht.

Über die allgemeine Bedeutung und die Verwertbarkeit solcher anorganischer Versuche für die organische Morphologie siehe Nr. 7, S. 251—254.

Ein Verzeichnis aller von mir angegebenen neuen Methoden findet sich in Nr. 5, II. S. 1060, worauf zur Ergänzung des an sich brauchbaren Büchleins von Paul Roethig über die Methoden der experimentellen Entwickelungsgeschichte (Nr. 156) verwiesen sei.

111a. Weiterhin sei hingewiesen auf:

Hennum, J. O. Til Belysning of cellernes former. Ref. von Stieda im Biolog. Zentralbl. Bd. 5, 1885. S. 199.

Jennings, H. S., The Movements and Reactions of Amoeba. Biol. Zentralbl. 25. Nr. 3, 1905.

Digitized by Google

112. Roux, W., a) Über die Selbstordnung der Furchungszellen, Ber. d. naturwiss.-medic. Ver. zu Innsbruck vom 27. März und 12. April **1893**.

b) Derselbe, Über den Cytotropismus der Furchungszellen des Grasfrosches (Rana fusca). Arch. f. Entw.-Mech. Bd. I. **1894**.

c) Derselbe, Über die Selbstordnung (Cytotaxis) sich berührender Furchungszellen. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 13, **1896**.

zur Strassen, O., Embryonalentwickelung der Ascaris megalo cephala. Arch. f. Entw.-Mech. 3. 1896.

Rhumbler, L., Die physikalische Analyse der Lebenserscheinungen der Zelle II. Arch. f. Ent.-Mech. 9. 1899. S. 77.

Derselbe, Zellleib-, Schalen- und Kernverschmelzungen bei den Rhizopoden etc. Biolog. Zentralbl. 1898. Bd. 18. S. 22.

112a. Barfurth, D., Der Hunger als förderndes Prinzip in der Natur. Arch. f. mikroskop. Anat. 29. **1886**.

Schultz, Eug., Über Reduktionen. 1. Über Hungererscheinungen bei Planaria lactea. Arch. f. Entw.-Mech. 18. 1904.

Roux, Nr. 5, I. S. 163 u. f.

Straßer, H., Zur Kenntnis der funktionellen Anpassung der quergestreiften Muskeln, Stuttgart, 1883.

Barfurth, Versuche zur funktionellen Anpassung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 37. 1891.

Fuld, Ernst, Über Veränderungen der Hinterbeinknochen von Hunden infolge Mangels der Vorderbeine. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 11. 1901.

113. Levy, O., Versuch zur Frage von der funktionellen Anpassung des Bindegewebes. Verh. d. anat. Ges. 1902.

Derselbe, Über den Einfluß von Zug auf die Bildung faserigen Bindegewebes. Arch. f. Entw.-Mech. 18. 1904.

Kaneko, Jiro., Künstliche Erzeugung von Margines falciformes und Arcus tendinei. Arch. f. Entw.-Mech. 18, 1904.

113. Anm. zu S. 62. Funktionelle Implantation und funktionelle Regeneration.

Die seiner Zeit formulierten Bedingungen der funktionellen Implantation*) oder Transplantation (Nr. 5 I S. 404) sind von den

*) Korrektur. Auf Seite 62 Zeile 6 von unten gehören die Worte: (funktionelle Transplantation) an den Schluß des Satzes.

Digitized by Google

Chirurgen inzwischen bis zur gelungenen Implantation von Blutgefässen erfüllt worden.

Auch die funktionell vermittelte, auf Aktivitätshypertrophie beruhende funktionelle Regeneration ist gleichfalls von den Chirurgen sehr gefördert worden, z. B. indem sie einen großen Sehnendefekt durch eingenähten Seidenfaden ersetzen. Das in der Wunde neugebildete am Faden gelegene Bindegewebe wird gleich ihm auf Zug beansprucht; und deshalb jedenfalls wird rasche Anbildung wieder in gleicher Richtung veranlaßt, sodaß in relativ kurzer Zeit ein neugebildeter, dicker, leistungsfähiger Sehnenstrang entsteht. Diese funktionelle Regeneration muß uns als teilweiser Ersatz für die den meisten Organen des Menschen fehlende primäre Regeneration gelten. Die künstliche Herstellung oder Begünstigung der funktionellen Bedingungen muß möglichst ausgebildet und ausgenutzt werden. Die primäre oder Selbstregeneration entspricht durch ihre von der Funktion unabhängigen Bildungsmechanismen der oben S. 94 unterschiedenen Periode der selbständigen typischen Entwickelung.

114. Anm. zu Seite 62. Siehe Nr. 128.

114a. Anm. zu Seite 65.

Die Selbstregulation, eine Grundeigenschaft der Lebewesen.

Zu den von den Physiologen und Anatomen früher ermittelten Grundfunktionen der Selbst-Dissimilation, Selbst-Assimilation (inkl. Wachstum), Selbst-Vermehrung, Selbst-Gestaltung und der Selbstübertragung (Vererbung) fügte ich noch als notwendige, universelle, also elementare Eigenschaft der Lebewesen die Selbstregulation hinzu. Nicht aber als eine selbständige besondere Funktion, sondern als Modus der Vollziehung aller der genannten Leistungen, welcher die Selbsterhaltung im Wechsel der äußeren Umstände ermöglicht (s. oben S. 106 u. Nr. 2a, **1881**, S. 215—235, Nr. 5, I. S. 393—415. Nr. 23a). Siehe auch Pflüger Nr. 181.

Digitized by Google

Die Selbstregulation der Gestaltungsfunktionen (S. 155) umfaßt zunächst die mehr oder weniger vollkommene Wiederherstellung des typischen Baues nach Störungen desselben, seien diese durch innere Vorgänge im Keimplasma (die aber doch ursprünglich von außen durch die besondere Beschaffenheit der Nahrung, der Temperatur etc. bedingt sind), veranlaßt oder durch äußere Einwirkungen auf das befruchtete Ei, auf den Embryo oder auf spätere Stadien bewirkt (als Schädigung, Defekt, Deformation). Ferner kann die Selbstregulation wohl auch schon das Eintreten von Störungen durch Einwirkungen, welche an sich Veranlassung zu geringen Veränderungen geben können, verhindern. Der Erfolg ist die „Selbsterhaltung" sowohl des Lebens wie seines Typus resp. der Norm im Wechsel und trotz des Wechsels der Verhältnisse, natürlich aber nur innerhalb gewisser Grenzen.

Im weiteren Sinne umfaßt die Selbstregulation aber auch die Selbsterhaltung des Lebens durch sogen. zweckmäßige also die „Dauerfähigkeit" (s. Nr. 131) erhöhende Änderung des Individuums (oder der Spezies) in neuen, nicht direkt die Organisation störenden Verhältnissen, also die „direkte" Anpassung an diese Verhältnisse, die hauptsächlich, aber nicht allein, in der „funktionellen Anpassung besteht (s. Nr. 5, I. S. 130, 1880)*).

H. Spencer hat bereits die „direkte Anpassung" als wesentliches Moment hervorgehoben; und G. Wolff (Nr. 158) hat neuerdings die Anpassung geradezu als das Wesen des Lebens bezeichnend hingestellt; das ist indes zu eng. Denn die Anpassung umfaßt erstens bloß einen Teil der Selbstregulationen, und die Selbstregulation ist selber nur eine Art der Vollziehung

*) Anm. E. Haeckel hat leider als Anpassung der Organismen jede Änderung derselben durch äussere Einwirkung bezeichnet ohne Rücksicht darauf, ob die Änderung die Dauerfähigkeit beim Wechsel der Umstände herstellt oder erhöht. Durch diese unzureichende Unterscheidung ist viel Verwirrung entstanden.

Digitized by Google

der wesentlichen Lebensfunktionen, deren Gesamtheit erst mit ihr zusammen das Wesen des Lebens ausmacht. (s. S. 106).

Da die Organismen alles oder fast alles zur Herstellung ihres Typus (s. Nr. 79) Nötige selber „determinieren", sich selber im Wechsel der Umstände als Lebewesen erhalten und außerdem auch noch zumeist in ihrem Typus unverändert sich erhalten, so sind sie also in hohem Maße in sich geschlossene Determinationskomplexe. Darauf eben beruht es, daß sie Selbstbildungs- und Selbsterhaltungsmaschinen sind. Zur ersteren Eigenschaft gehört auch die sogenannte geistige Selbstbestimmung.

115. Anm. zu Seite 65.

Über Postgeneration.

Mit dem Namen Postgeneration habe ich die zuerst von mir beobachtete verspätete, also nachträgliche Entwickelung eines Teiles des Keimes oder Embryo bezeichnet, somit die Entwickelung desselben, nachdem der übrige Teil des der bezüglichen Entwickelungsstufe entsprechenden Lebewesen bereits explizite gebildet worden war. Diese Nachentwickelung kann nach der Operation an dem in zwei Zellen geteilten Ei sehr bald erfolgen, nur um einige Furchungen zurück sein und die andern bald einholen; oder sie kann andererseits erst, nachdem schon die Medullarplatte auf der unverletzten Seite gebildet ist, beginnen; außerdem kommen alle denkbaren zeitlichen Zwischenstufen vor. Die Postgeneration kann mit ganzer oder teilweiser Verwendung der operierten Blastomere oder ganz ohne Verwendung dieser Zelle, also rein in der unversehrten Zelle (letzterenfalls unter starker Umdifferenzierung ähnlich wie bei der „Regeneration durch Umdifferenzierung" [s. S. 83] vor sich gehen).

Die sichtbaren Vorgänge dieser vielen speziellen Arten von Postgeneration sind sehr verschieden und hängen von dem Grade der Veränderung der operierten Zelle ab; dieser wieder ist mit durch die Zeit der Operation in der Laich-

Digitized by Google

periode bedingt; denn am Anfang einer rechtzeitigen Laichperiode ist die Zersetzung der operierten Zelle minimal, am Ende sehr hochgradig, am Anfang der rechtzeitigen Laichperiode sind auch die regulatorischen Fähigkeiten viel stärker und werden rascher aktiviert als am Ende.

Auf die frühzeitige, im Morula- und Blastulastadium stattfindende Postgeneration habe ich in meiner Untersuchung (Nr. 5, II S. 476, 795) nur kurz hingewiesen, weil sie nur sehr wenig vom Normalen abweichende Erscheinungen darbot; ich beschränkte mich auf die Schilderung der viele Besonderheiten zeigenden, sehr späten Postgeneration, ohne zu glauben, die Mannigfaltigkeit des im Speziellen Vorkommenden mit meiner Schilderung zu erschöpfen.

Dagegen sind viele Einwendungen gemacht worden. Driesch sagt, weil die Postgeneration so vielerlei Verschiedenes umfaßt, dürfte kein gemeinsamer Name dafür eingeführt werden. Die Assimilation, die Entwickelung und die Regeneration umfassen jede aber auch viel im Speziellen Verschiedenes. Da in einigen Vorgängen Ähnlichkeit mit den Regenerationsvorgängen vorhanden ist, sagen andere, solle statt Postgeneration Regeneration gesagt werden. Letztere bedeutet aber Wiederbildung, also Ersatz von schon explizite Gebildetem und danach in Verlust Geratenem. Außerdem aber könnte man erst, wenn erwiesen wäre, daß alle Vorgänge beider identisch wären, was aber nicht der Fall ist, zudem nur wenig passend sagen, daß die Postgeneration vorzeitige Regeneration sei. Da die frühzeitigste Postgeneration vielleicht wirklich nur zeitlich von der normalen Entwickelung verschieden ist, sagen manche, unter Übersehung der großen Unterschiede der späteren Postgeneration, sie wäre überhaupt bloß verspätete, normale Entwickelung und verdiene somit nicht den Namen Postgeneration. Dieser ist jedoch gerade deshalb von mir gewählt worden, weil er dies allgemeinste zeitliche Wesen des ganzen Geschehens bezeichnet. Andere Autoren, die nicht

Digitized by Google

unter den entsprechenden Umständen (wie zu geeigneter Zeit der Laichperiode) oder nicht rechtzeitig beobachtet haben, sagen, es gäbe überhaupt keine Postgeneration. Ich halte es trotz aller dieser Einwände für richtig, daß ich den ganzen, zeitlich so gut charakterisierten Komplex von Vorgängen mit einem besonderen Namen zusammengefaßt habe ohne Rücksicht darauf, in was für Einzelvorgänge er später einmal werde zerlegt werden, und wie weit diese dann mit Vorgängen der Regeneration übereinstimmend befunden werden mögen, schon deshalb, da sie bereits in dem Sichtbaren des Geschehens teilweise davon verschieden sind (s. Nr. 5. II S. 484, 511). Die Regeneration besteht auch aus sehr verschiedenen Arten von Einzelvorgängen, und es gibt bereits sichtbar verschiedene Arten von ihr, gleichwohl haben und gebrauchen wir den zusammenfassenden Namen für sie (s. S. 83).

Die sehr frühzeitige Postgeneration ist jetzt in der Tat leichter als „bloß zeitlich" von der typischen Entwickelung verschieden, vorstellbar als zu der Zeit, da ich sie entdeckte. Dies deshalb, weil man jetzt die Zellkerne aller Furchungszellen sich als einander vollkommen gleich und den Leib der Furchungszellen nach Pflüger, Driesch, Edm. Wilson u. a. nur als abgegrenzte Stücke des im übrigen noch nicht verlagerten und noch nicht veränderten Dotters des ganzen befruchteten Eies betrachtet.

Sehr evident weicht dagegen die sehr verspätete Postgeneration der Hemiembryonen vom typischen Gestaltungsverlaufe ab, die eben deshalb von mir allein weiter verfolgt und genauer beschrieben worden ist; und noch viel mehr ist dies bei der bisher allein von mir beobachteten (in ihren Präparaten den Anatomenversammlungen zu Wien [1892] und zu Halle [1902] demonstrierten) Postgeneration der Semigastrula und Hemiembryonen ohne Verwendung von Material der operierten Eihälfte der Fall. Auf der Nichtkenntnis dieser und auch einiger bei

Digitized by Google

der anderen Postgeneration mehrfach von mir beobachteter, und wenn stattfindend, leicht sichtbarer formaler Vorgänge, z. B. der sogen. Reorganisation III, beruhen manche nicht ausreichend begründete sachliche Einwendungen, die gegen meine Angaben erhoben worden sind (K. Ziegler, R. Hertwig, Morgan, Nr. 157). Die „Überwanderung von Zellkernen" aus der entwickelten Eihälfte in die nachentwickelte Hälfte ist dabei nicht gemeint, denn diese ist nicht „leicht sichtbar". Sie wurde, wie ich seinerzeit mitgeteilt habe (Nr. 5, II. S. 471 u. 484), übrigens ohne daß ich besonders danach gesucht hätte, bloß einigemal in bezüglichen Erscheinungen am Präparate direkt beobachtet, außerdem aber nur „vermutungsweise" als ausgedehnter vorkommend angenommen. Ich hegte diese Vermutung, weil auf wesentlich demselben Geschehen die typische Nachfurchung (Waldeyer) bei den anfänglich nur partiell sich furchenden Eiern beruht, und weil ich, so lange noch keine Demarkationsschicht oder kein Grenzspalt zwischen beiden Eihälften gebildet ist, keinen Grund sah, der dies Geschehen verhindern könnte.

Da Morgan aber mitteilt, daß er, selbst bei besonders darauf gerichteter Aufmerksamkeit solchen Kernübertritt von der entwickelten Eihälfte in die unentwickelte nicht hat wahrnehmen können, so wäre zu vermuten, daß etwas uns Unbekanntes diesen Vorgang hier hemme und so verhindere, daß bei der Teilung der an der Grenze der entwickelten und unentwickelten Eihälfte liegenden Zellen der eine von beiden neuen Kernen um etwa ein Viertel des Zelldurchmessers in das Gebiet des Dotters der operierten Eihälfte herüber- und nach Vollendung der Teilung noch weiter hereintritt. Vielleicht ergeben aber doch erneute, ev. zu besonders günstiger Zeit der Laichperiode angestellte Versuche noch das andere Resultat des häufigeren Kernübertritts; denn es könnte wohl sein, daß die bei verzögerter Laichung leicht eintretende Zersetzung des Dotters der nicht entwickelten Eihälfte diesen Kernübertritt unmöglich macht, den

Digitized by Google

ein normaler und nicht schon ausreichend bekernter Dotter bei der Nachfurchung veranlaßt.*)

Übrigens habe ich neben der Überwanderung von Kernen auch die Entstehung von Kernen aus dem autochthonen Kern der operierten Eihälfte beobachtet und theoretisch verwendet (Nr. 5, II. S. 470). Das Wesentlichste meiner Auffassung (welches von mehreren Opponenten nicht erfaßt worden ist), daß die Postgeneration der „späteren" Stadien, am sichersten diejenige des Hemiembryo vom Frosche nicht wie die typische Entwickelung „Selbstdifferenzierung" der bezüglichen Furchungszelle ist, sondern durch determinierende Wirkungen vermittelt wird, welche von der primär entwickelten Eihälfte ausgehen, ist gleichfalls nicht mit Erfolg bekämpft worden. Ich habe im Unterschiede zu Morgan bei dieser späten Postgeneration nur Erscheinungen gesehen, die darauf hindeuten, daß allein im kontinuierlichen Anschluß an die Keimblätter der primär entwickelten Eihälfte des Hemiembryo die Bildung der Keimblätter in der operierten Eihälfte stattfindet, weshalb sie vermutlich von diesen Blättern abhängige Differenzierung darstellt. Scheinbare Diskontinuität habe ich auch manchmal gefunden; bei genauerer Prüfung der ganzen Schnittserie des Embryo ergab sich aber doch eine Kontinuität mit den typischen Keimblättern (s. auch Nr. 122).

116. Barfurth, D., Die Erscheinungen der Regeneration bei Wirbeltieren. Hdb. d. Entwickelungslehre der Wirbeltiere. Herausgegeben von O. Hertwig. Jena 1903.

Siehe auch die alljährlichen Berichte Barfurths über Regeneration in den Ergebn. d. Anat. und Entwickelungsgesch, die auch das Anschliessende der Entwickelungsmechanik im Allgemeinen mit umfassen und analytisch durchdacht beurteilen.

*) Gegen die Unterstellung, ich hätte „Totes" (statt „nicht mehr Lebendes aber noch Lebensfähiges") direkt „wieder belebt" werden lassen, siehe Nr. 5, II. S. 480 u. 484. Wirklich Totes habe ich nur gefressen und verdaut und so aufs neue verwendet werden lassen (s. Reorganisation III).

Digitized by Google

116a. Forsmann, J., Über die Ursachen, welche die Wachstumsrichtung der peripheren Nerven bei der Regeneration bestimmen. Beitr. path. Anat. Bd. 24. 1898.

Derselbe. Zur Kenntnis des Neurotropismus. Ebenda 27. 1900.

117. Driesch. Zur Analysis der Potenzen embryonaler Organzellen. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 2. 1895.

Driesch, Analytische Theorie der organischen Entwickelung. Leipzig 1894.

Driesch, H., Betrachtungen über die Organisation des Eies und ihre Genese. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 4. 1896.

Driesch, H., Studien über das Regulationsvermögen der Organismen. 1. Von den regulativen Wachstums- und Differenzierungsfähigkeiten der Tubularia. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 5. 1897. Bd. 9. 1899. Bd. 10. 1900. Bd. 11. 1901.

Driesch, H., Die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge. Ein Beweis vitalistischen Geschehens. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 8. 1899.

Driesch, H., Die organischen Regulationen, Vorbereitungen zu einer Theorie des Lebens. Leipzig 1901. 228 S.

J. Loeb hat beim Seeigel und E. Bataillon an Eiern von Petromyzon und Teleostieren auch aus beliebig abgegrenzten Eistücken Ganzbildungen erhalten, und jüngst hat Edmund Wilson (The journ. of experim. Zool. Bd. I, 1904) bei der Nemertine Cerebratulus lacteus beobachtet, daß selbst kernlose Stücke des das Reifestadium beginnenden Eies befruchtungsfähig sind und kleine Ganzbildungen liefern, während solche Stücke nach der Reifung nicht mehr befruchtungs- und entwickelungsfähig sind. Zeleny fand wesentlich dasselbe bei Cerebratulus marginatus (ebenda).

118. Anm. zu Seite 67.

Besondere Leistungen der Eier der ersten Gruppe.

Die isolierten Blastomeren von Eiern dieser Gruppe (S. 67) bilden indes vielfach, sei es der Zahl oder der Größe mancher Organe nach, etwas mehr, von anderen Organen auch etwas weniger, als dem verwendeten Eiteil entspricht. Dahin gehört auch, daß diese Halbembryonen an der Defektseite meist nicht offen, sondern geschlossen sind (Fischel u. a.).

Digitized by Google

Ich vermute, daß diese Abweichungen nach Analogie von Satz 3, trotz der hochgradigen Differenzierung des Cytoplasmas dieser Eier, doch irgendwie durch die bei oder nach der Isolation der Stücke entstandene Umordnung des Cytoplasmas bedingt sind. Zum Teil wird die Mehrbildung vielleicht auch keine primäre, sondern eine durch frühzeitige Aktivierung von Postgenerationsmechanismen bedingte sein (s. S. 240, 243).

119. Anm. zu Seite 67.

Besondere Bedingung der Determination des Halbembryo beim Frosche.

Beim Froschei ist nach Abtötung der einen von beiden ersten Furchungszellen zur Erhaltung der Halbeigestalt der überlebenden Zelle und damit zur Determination der Halbbildung während kurzer Zeit der Gegendruck der operierten Eihälfte nötig, nur solange, bis die Zellmembran in der Mitte der Trennungsfläche fertig ist, was bei diesen Eiern etwas langsam geschieht. Dieser Gegendruck könnte jedenfalls auch durch eingespritztes, schon bei 20 ° C schmelzendes Fett geleistet werden. Aus der kurzdauernden Notwendigkeit dieser determinierenden Hilfe der anderen Eihälfte ist aber gefolgert worden, daß die operierte, sich selber nicht entwickelnde Zelle deshalb auch zur nachfolgenden „Entwickelung" der unversehrten Zelle nötig sei und typisch differenzierende Wirkungen auf sie und ihr ausübe (s. S. 205. O. Hertwig) Es scheint mir dagegen zweifellos, dass diese oft blasig zersetzte, nicht entwickelte und nicht selber entwickelungsfähige Zelle solche Wirkungen nicht ausüben kann; sondern dass nach der anfänglichen Determination der Halbbildung durch die Herstellung der Halbeigestalt alle folgenden speziellen Gestaltungen in ihren speziellen Determinationsursachen in der zum halben Embryo sich entwickelnden Zelle selber liegen müssen, dass also die „Entwickelung" dieser Zelle auf Selbstdetermination beruht, Selbstdifferenzierung der Zelle ist. Diese Auffassung wird aber zurzeit nur von wenigen, z. B. von Heider, Barfurth, Chun geteilt.

Digitized by Google

120. Anm. zu Seite 68.

Umkehrung der Froscheier nach der ersten Furchung.

Diesen Versuch hatte ich im Jahre 1884 gemacht, ohne ein interessantes Ergebnis zu erhalten (Nr. 56 S. 45, 1885, No. 5, II S. 330). O. Schultze wiederholte ihn, aber glücklicherweise, indem er die Fixation der Eier nicht wie ich durch Trockenhalten der Gallerthülle sondern durch die S. 192 erwähnte Pressung zwischen Platten bewirkte. Es geschah nach seiner Mitteilung, um zu sehen, was dabei herauskommen werde. Aus vielen dieser Eier entstanden ganze oder symmetrisch angelegte unvollkommene Doppelbildungen.

Der Autor leitete diesen wichtigen Fund zunächst von einer „Teilung des Schwerpunktes"*), später in der ausführlichen Abhandlung**) von der durch die Zwischenlagerung von Nahrungsdotter erlangten Unabhängigkeit der beiden Zellen und von einer ausreichenden „Isotropie des Eimaterials" ab. Dagegen hatte ich das Ergebnis in der Diskussion zu seinem Vortrage***) sogleich von der Umordnung der verschiedenen (also nicht isotropen) Dottermassen, die in jeder von beiden Zellen zu einer Hauptanordnung ähnlich derjenigen in einem ganzen Ei geführt habe, abgeleitet, wie ich das jetzt auch noch tue, während ich der durch die Zwischenlagerung von reichlichem Nahrungsdotter zwischen beiden Zellen erlangten Unabhängigkeit derselben nur als eventuelles, vielleicht aber nicht nötiges Nebenmoment gedacht hatte (s. a. Nr. 5, II. S. 937 u. f.). Siehe 120a.

120a. Wesentlich dieselbe Auffassung haben danach auch andere Autoren Morgan****) 164, G. Wetzel 165, R. Hertwig

*) Verhandl. d. anatom. Ges. 1894. S. 127—132.

**) O. Schultze, die künstliche Erzeugung von Doppelbildungen bei Froschlarven mit Hilfe abnormer Gravitätswirkung. Arch. f. Entw.-mech. Bd. I. S. 288.

***) Verhandl. d. anatom. Ges. 1894. S. 127—132 und Nr. 5 II S. 932.

****) Morgan, Anatom. Anzeiger, Bd. IX. Nr. 8 S.

Digitized by Google

(Nr. 167), O. Maas (Nr. 168) vertreten ohne von meiner Darlegung Kenntnis zu haben, da Schultze vergessen hatte, sie in seiner ausführlichen Abhandlung zu erwähnen.

121. Anm. zu Seite 68.

Notwendigkeit der strengen Scheidung von typischem und atypischem Gestaltungsvermögen.

An die seinerzeit von mir aufgestellte und zugleich in experimentelle Bearbeitung genommene Frage nach dem „typischen" entwickelungsmechanischen Vermögen (der Potenz) der einzelnen Furchungszellen (s. S. 195) hat Driesch auf Grund der späteren Befunde die weitere Frage nach dem ganzen gestaltenden Vermögen der Teile angeschlossen. Diese Fragestellung und die von ihm zu ihrer Beantwortung angestellten Versuche haben sehr anregend gewirkt. Er hat dabei statt der Unterscheidungen von typischem und atypischem Gestaltungsvermögen etwas andere Unterscheidungen einzuführen gesucht.

Er nennt (Nr. 169, S. 721) die Gesamtheit dessen, was aus einem gegebenen Keimteil ontogenetisch werden kann, dessen „morphogene prospektive Potenz". Das „mögliche Schicksal" jeder Zelle wird ihre „prospektive Potenz", das, was wirklich im Laufe einer gegebenen Ontogenese aus einer Zelle wird, dagegen ihre „prospektive Bedeutung" genannt; letztere bezeichnet somit, wie er sagt, ihr „wirkliches Schicksal". Jeder von diesen beiden Begriffen: Potenz und Bedeutung umfaßt aber außer dem typischen noch atypisches Geschehen, und beides wird in diesen Distinktionen nicht voneinander geschieden. Auch im speziellen Falle wird dann von Driesch zumeist nicht gewürdigt, ob die „Bedeutung", das „Schicksal" das typische ist oder nicht; außerdem wird von ihm vielfach nicht gesondert, ob eine eigene Leistung der Zelle, also Selbstdifferenzierung oder eine abhängige Differenzierung, also eine Verwendung der Zelle oder beides vereinigt, also gemischte Differenzierung vorliegt (s. S. 195).

Digitized by Google

Was ich „typische“ (S. 183) (früher direkte) Entwickelung nenne, bezeichnet Driesch als „absolut normale“ Entwickelung, arbeitet aber im Speziellen meist nicht mit dieser Distinktion. Das „Normale“, also das, was alle in mehr als 50 % der Fälle vorkommenden Variationen einschließt, nennt er „gesetzlich normal“ und fügt (Nr. 169) hinzu: Nur aber „gesetzlich Normales“ wollen wir ja überhaupt studieren.

Diese nicht ausreichende Scheidung von Typischem und Atypischem, die Zusammenfassung des Typischen mit dem in der Norm mit vorkommendem Atypischen halte ich für einen wesentlichen Fehler, welcher durch ungenaue Beurteilung vieler Versuchsergebnisse zu wesentlich anderen Schlüssen geführt hat, als sie auf Grund in dieser Beziehung strenger Scheidung gewonnen werden. Die beim atypischen Geschehen vorkommenden „Regulationen“ werden daher auch nicht streng vom „typischen“ Geschehen gesondert. Seine Einteilung der Regulationen in primäre und sekundäre (normale und abnormale Roux', S. 28, 40) ist vorläufig gegenstandslos, da wir die ihr zugrunde gelegten angenommenen Arten des Geschehens nicht voneinander sondern können.

Wir müssen, wie ich glaube, das Typische (oder absolut Normale) der ganzen Analyse des gestaltenden Lebensgeschehens als Ausgang zugrunde legen und es bei allem Geschehen herauszuerkennen suchen. Ich habe dies schon deshalb getan, weil die Determinationsursachen desselben im Ei selber resp. im noch indifferenten Keimplasma liegen, während die Alterationsursachen welche zur „Norm“ gehörige Varietäten sowie die „Abnormitäten“ bewirken, von äußeren Einwirkungen herrühren (s. Nr. 79), mögen diese erst auf das Ei oder schon auf das Keimplasma, aus dem dieses hervorging, also schon während der „Vorentwickelung“ einwirken. Wie die deskriptive Zoologie und Anatomie vom Typus der Art ausgeht, obschon dieser Typus in keinem Einzelfalle, d. h. in „allen“ Teilen eines

Digitized by Google

Individuums durchgeführt „vorkommt", so gehen wir von der „typischen Entwickelung" aus, welche gleichfalls in keinem Einzelfalle streng stattfindet.

Wir haben daher oben (S. 49) erst noch besonders begründet, warum wir die Bildung der halben Embryonen aus einem halben Ei, also sogar ganz desselben, was auch typischerweise aus ihm hervorgeht, auch als auf „typischem" Wege entstanden beurteilen, entgegen der Auffassung mancher Autoren, welche diese Bildungen als abnorme Produkte angesehen haben.

Auf der Nichtscheidung von typischem und atypischem Geschehen beruhte s. Z. Driesch's unzutreffender Ausspruch: „Der Satz Roux', daß die direkte normale (jetzt typisch genannte) Entwickelung in den ersten Stadien durch Selbstdifferenzierung der ersten Furchungszellen charakterisiert ist, ist widerlegt durch die Verlagerung der Furchungszellen mit nachfolgender normaler Entwickelung" (Entw. mech. Studien I. u. II. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 53, 1891). Driesch behauptet dies, weil die nach dieser Verlagerung stattfindende Entwickelung normal gestaltete Produkte lieferte; das kann aber auch und wird bei den Tieren der Gruppe 1 von Seite 67 durch Regulation, also auf atypischem Wege geschehen sein, da deren Furchungszellen nach ihrer Isolation sich zu Teilstücken des Embryo entwickeln. Und ebenso unzutreffend ist seine neuere Formulierung: „Furchungsmosaik ist kein Mosaik der Potenzen" (Nr. 170, S. 812). Dieser Satz ist dahin abzuändern: Furchungsmosaik ist bei den Tieren der Gruppe 1 sicher ein Mosaik der „typischen" Potenzen, aber kein Mosaik der atypischen Potenzen (s. Nr. 86a und 101). In ihren typischen Potenzen sind diese Zellen verschieden, in ihrem atypischen, regulatorischen Vermögen sind sie noch gleichwertig und zwar totipotent. Die Nichtverwendung dieser notwendigen und bereits eingeführten Analyse, also der strengen Sonderung von kausal ganz verschieden Bedingtem bei der Deutung der Versuchsergebnisse halte ich für einen Rückschritt. Bezüg-

Digitized by Google

lich der Tiere der Gruppe 2 ist für unsere Kenntnis die typische und atypische Leistung noch nicht geschieden, wir können daher über sie noch nichts Sicheres aussagen.

Die Nichtscheidung von typischen und atypischen Leistungen der Zellen ist eine unausgesetzt fließende Quelle von Differenzen zwischen den bezüglichen Autoren und mir, wogegen die Meinungsverschiedenheit in bezug auf die großenteils nur zu „vermutenden" Leistungen des Kernes, die Driesch immer in den Vordergrund stellt, ganz nebensächlich ist*). Die Mehrzahl der Autoren steht gegenwärtig noch auf diesem Standpunkt der unzureichenden Analyse; dagegen K. Heider (166), Barfurth (116), Chun (174) und einige andere haben sich mir in dem Streben nach dieser streng analytischen Sonderung aller experimentellen Ergebnisse offen angeschlossen (s. auch S. 260).

---

*) Anm. Driesch's oft wiederholte Behauptung, daß durch die Leistungen bei der atypischen Entwickelung die bei der typischen Entwickelung erkannte Selbstdifferenzierung der Furchungszellen der Tiere der Gruppe 1 auf Seite 67, also die Mosaikarbeit und die zu ihrer Erklärung angenommene Spezietät (S. 212) der Zellen†) widerlegt sei, ist gerade so, als behauptete er, es könnte derartig auf das Stück angelernten Fabrikarbeiter, daß sie dieses typische Stück ohne jede neue Anweisung vom Chef fortgesetzt herstellen könnten, nicht geben und zwar deshalb nicht geben, weil bei Einführung einer neuen Arbeit eine Zeit lang fortgesetzte Anweisung von einem Vertreter des Ganzen, also des Chefs, nötig ist. Oder wenn sich jemand nunmehr auf die S. 241 besprochene andere, vielleicht bei den Eiern der Gruppe 2 auf Seite 67 vorkommende Art der typischen Entwickelung „durch totale Wechselwirkung" stützen will, um die Mosaikarbeit zurückzuweisen, so behauptet er gleichsam: weil es Fabriken gibt, in denen die Arbeiter so wenig angelernt sind, daß sie auch bei der gewohnten Arbeit fortwährend vom Chef angewiesen werden müssen, könne es keine Fabriken mit auf das Stück ausgebildeten Arbeitern geben (S. 242).

†) Diese Spezietät selber kann man sich sehr verschieden bedingt vorstellen; das ist eine cura posterior. Zunächst muß die typische Spezietät anerkannt und richtig gewürdigt werden.

Digitized by Google

Aus den oben (Seite 54) angedeuteten Versuchen hat sich eine vom Anfang der Ontogenese an fortschreitende Spezifikation der Furchungszellen und späterer Zellen, (aber nicht aller, z. B. wohl nicht vieler Dotterzellen) als ein Verschiedenwerden ihrer Potenz zur Selbstdifferenzierung ergeben. Über das eventuelle Vermögen mancher dieser Zellen auch noch zu typischen differenzierenden Einwirkungen auf andere Zellen fehlt es noch an Kenntnissen.

Die einzelnen Erfahrungen haben uns aber bei den Eiern verschiedener Tiere manche Verschiedenheiten im Grade und in der Zeit der hergestellten „typischen", zur Selbstdifferenzierung geeigneten Spezietät kennen gelehrt. Ebenso variiert die Festigkeit dieser Spezifikation in atypischen Verhältnissen, was natürlich gleichfalls nicht unberücksichtigt bleiben darf*).

*) Aus den gestaltlichen Leistungen von isolierten und transplantierten Keimteilen haben wir also auf ihr entwickelungsmechanisches Vermögen geschlossen. Neuerdings bestrebt sich Boveri (Nr. 172), diese Folgerung bezüglich des Zellkerns zu spezialisieren, sie womöglich direkt bis auf die den Kern zusammensetzenden, nach B.'s evolutionistischer Auffassung „zahllosen stofflichen Qualitäten" (S. 124) auszudehnen. Er nennt diese Verwendung der Entwickelung die „Embryonalanalyse des Kerns". Da aber (s. Nr. 101) die Ursachen der Spezifikation auch für die hierbei allein in Betracht kommende „Selbstdifferenzierung" sehr komplizierte und verschiedenartige sein können, so werden wir durch diesen Rückschluß wohl auch nur zu sehr unbestimmten Folgerungen in bezug auf die Zahl und Art der gestaltenden Qualitäten des Zellkerns gelangen, die kaum weiter führen werden, als es zur Zeit in der Frage: Evolution oder Epigenesis überhaupt möglich ist. Wir verdanken Boveri in bezug auf die Erforschung der Morphologie und der Leistungen des Zellkerns besonders viel; und er hegt in dieser Hinsicht schon sehr bestimmte Ansichten. Doch darin, daß jedes einzelne Chromosoma desselben Zellkerns wohl von dem des anderen (ganz oder NB. teilweise) verschiedene Qualitäten enthalte und dass vielleicht alle diese Qualitäten „bei der Teilung" der Chromosomen „halbiert" werden, stimme ich, vom verschiedenen Grade der angenommenen Wahrscheinlichkeit abgesehen, mit ihm überein (s. S. 103, 164).

„Soweit" die Gestaltungen vom Zellleib determiniert werden, ist es ferner „möglich", daß die Kerne der der Selbstdifferen-

Digitized by Google

122. Anm. zu Seite 69.

Auch könnte aktivierte Regulation den verbliebenen Rest des eventuell sehr wenigen an typischer Verschiedenheit Vorhandenen entweder sogleich beseitigen, oder sie könnte andererseits erst nach dem sichtbaren Beginne der expliziten Entwickelung aktiv einsetzen, dann also Postgeneration darstellen (s. No. 115). Ich halte letztere für regulärtätig erwiesen, wenn eine isolierte Furchungszelle auch nur anfangs wie eine noch im Eiverbande befindliche Zelle, somit zuerst als Teilgebilde sich furcht später aber eine Ganzbildung produziert, sofern die dabei stattfindende Ordnung der Zellen das „typisch" gestaltete Produkt, also eine geschlossene und ausserdem hohle Blastula liefert. Bildet die Anordnung der Furchungszellen aber die atypische Form einer Vollkugel, so stimme ich Driesch und Wilson zu, daß sie bloß ein mehr „zufälliges Produkt", sei es von Erschütterung oder von atypischen Oberflächenspannungswirkungen, ist. Gleichwohl kann aber auch sie infolge ihrer kugeligen, also einem ganzen Keim entsprechenden Gestalt dann, aber durch andere Regulationsmechanismen vermittelt, einen Ganzembryo bilden.

---

zierung unterliegenden Zellen einander ganz gleich sind. Ob dies aber wirklich in allen solchen Zellen eines Individuums der Fall ist, oder ob neben Voll- oder auch nur neben Partialkeimplasma in ihnen sonst noch Verschiedenes enthalten ist, ist doch noch zweifelhaft. Daß von den Verschiedenheiten der Anordnung und Beschaffenheit des Materiales des Zellleibes aus bestimmt qualifiziertes Material im Kern aktiviert wird, welches seinerseits dann die spezielle Ausgestaltung bestimmt und mit bewirkt, nimmt Boveri (p. 121) jetzt gleich mir an (Nr. 56, 1885, Nr. 5 II S. 316, 409, 411, 416 und Nr. 173). Es kann vielleicht auch dem Kern Entnommenes oder eben entnommen Werdendes sogleich wieder ergänzt werden (S. 85 Z. 15). Ich denke mir aber die Zahl der verschiedenen Kernqualitäten, übrigens auch nur auf Grund sehr unsicherer Argumente, z. B. der Verschmelzung der Eier zu Rieseneiern mit einheitlicher Entwickelung, wohl erheblich geringer als dieser Forscher. Diese Verschmelzung kann aber nur unsichererweise im Sinne von nicht großer Mannigfaltigkeit der gleichfalls verschmelzenden Kerne gedeutet werden; man kann sich dieses Geschehen auch bei sehr großer Zahl der Verschiedenheiten mit geeigneten Hilfsannahmen (Anziehung der gleichen Kernbestandteile nach dem loi d'attraction de soi pour soi von Is. Geoffroy St. Hilaire) vorstellen. Siehe auch Nr. 124 über die überwiegende Epigenese für den Zellleib bei erheblicherer Evolution für den Zellkern.

Digitized by Google

123. Anm. z. Seite 69.

Verschiedene Arten der typischen Entwickelung.

Wir haben oben Seite 44 und Anm. 79 als „typische" Entwickelung die allein durch die Eigenschaften des typisch beschaffenen Kleinplasmas „determinierte" Entwickelung bezeichnet und sie trotz ihrer vielfachen „gestaltlichen Umwege" als die „einfachste real mögliche" und als die bloß mit den unbedingt „nötigen Ursachen arbeitende" Art aufgefasst.

Es ist wohl vorstellbar, dass es bei verschiedenen Tierabteilungen je nach der Beschaffenheit des Keimplasmas (also des befruchteten Eies) sogar im allgemeinsten verschiedene Arten der typischen Entwickelung gibt, Arten, deren Verschiedenheit nicht in Beziehung zur Verschiedenheit der Produkte zu stehen braucht, sondern an sich bloß die Art der Herstellung betrifft.

So haben wir erstens die von mir aufgestellte und erwiesene, durch Selbstdifferenzierung, genauer durch Selbstdetermination der einzelnen Furchungszellen und vieler späterer Zellen, resp. Zellkomplexe, z. B. der Augenblase, charakterisierte Art der typischen Entwickelung (s. S. 50 und S. 67,1) kennen gelernt. Es wäre denkbar, daß dieses Selbstdifferenzierungsvermögen, also auch die vorausgegangene Determinierung für die ganze oben unterschiedene erste Periode der Entwickelung ausreicht (S. 94). Dann hätten wir hier nur einmalige vom Ganzen auf die ersten Teile ausgeübte und daher gleich definitiv zureichende Determinierung. Es kann aber auch sein, daß typischerweise noch Nachdetermination vom Ganzen auf die Teile oder von großen auf kleinere Teile nach der ersten Determination nötig ist (S. 209).

Bei anderen Tieren könnte es einen gleichfalls „typischen" Entwickelungsmodus geben, bei dem die Gestaltung aller Teile fortwährend vom Ganzen aus bestimmt würde (S. 210). Das Vorkommen dieser Entwickelungsweise

Digitized by Google

als einer typischen Art ist noch nicht erwiesen. Aber manche Autoren (z. B. Driesch, O. Hertwig) arbeiten damit, und letzterer hält sie für die einzige Art typischer Entwickelung; einige Autoren bezeichnen sie außerdem als „regulatorisch". Beides scheint mir unzulässig; letzteres weil „typisch Bestimmtes" prinzipiell nicht „regulatorisch" ist. Regulation bedeutet hier Zurückführung der Abweichungen zum Typus oder wenigstens gegen ihn hin; während bei dieser Art der typischen Entwickelung auch wieder in der Beschaffenheit des Keimplasmas vorbestimmtes Geschehen vorliegen würde. Wohl aber wäre ein solcher typischer Entwickelungsmodus dem bereits erwiesenen regulatorischen Entwickelungsgeschehen insofern ähnlich, als das regulatorische Geschehen (s. o. S. 72) gleichfalls mit Abhängigkeit der zu bildenden Teile vom Ganzen oder von großen Teilen verlaufen muß, ohne aber deshalb in der Art des Geschehens mit der angenommenen typischen Art ganz übereinzustimmen. Denn etwas Besonderes, von der typischen Entwickelung Abweichendes muß die Regulation als solche, die Wiederherstellung des Typus nach Abweichung selbstverständlich haben (s. S. 258 Nr. 133).

Den ersteren Entwickelungstypus wollen wir „Entwickelung unter Selbstdifferenzierung von Teilen" nennen. Das Ei als Ganzes entwickelt sich auch bei dem anderen Typus durch Selbstdifferenzierung.

Diese Entwickelung durch stete Wechselwirkung aller Teile kann man kurz „Entwickelung durch totale Wechselwirkung" nennen. „Wechselwirkung" deshalb, weil auch der vom Ganzen determinierte und dieser Determination entsprechend entwickelte Teil seinerseits irgendwie auf das Ganze zurückwirken, mit ihm in Fühlung stehen muß, wie denn das entwickelte Ganze überhaupt nicht für sich allein, ohne die Teile existiert (S. 238).

Es kann außer diesen beiden extremen Arten auch allerhand gemischte Zwischenarten von Entwickelung geben, das heißt, sie könnten bei verschiedenen Eiern „typisch" vorkommen.

Digitized by Google

Die extremen Arten sind aber gar nicht in solcher Weise verschieden, wie es die zahlreichen Autoren annehmen werden, welche glauben, die Selbstdifferenzierung wäre oder solle eine Entwickelungsweise sein, die nicht auf differenzierenden Wirkungen von Teilen aufeinander beruhe (s. dazu S. 182).

Es ist Aufgabe der „speziellen Entwickelungsmechanik" die „typisch vorkommenden" Mischungen beider extremen Arten genau zu ermitteln. Schon die auf Seite 67 mitgeteilten verschiedenen Leistungen der isolierten Furchungszellen können in dieser Weise gedeutet werden; nur ist diese Deutung noch nicht sicher, weil wir nicht wissen, ob nicht atypische Umordnungen des Dotters erheblich an der Verschiedenheit der Resultate mitbeteiligt sind (s. S. 233).

Eine phylogenetische Betrachtung über die mögliche „natürliche" Entstehung der Ontogenesis, also ohne „Schöpfung", läßt gleichfalls die Annahme des Vorkommens auch des Entwickelungs-Typus durch totale Wechselwirkung und Übergänge beider Typen als wahrscheinlich erscheinen.

Solange die Gestaltung noch nicht mit regulatorischer Sicherung und teilweise doppelter Determination (die ich beide für das Zeitalter der Konstanz der Arten angenommen habe,) versehen war, mußten viele Variationen des Keimplasmas vorkommen. Es war noch das Zeitalter großer Variationen der Lebewesen in den Klassencharakteren; später, mit der Differenzierung von Familien, Gattungen und Arten, variierten wohl nur mehr diese Charaktere. Es war also vieles noch nicht typisch festgelegt.

Außerdem aber mußten, so lange noch keine ausreichenden Schutzmittel der Eier gegen „alterierende äußere Einwirkungen" (z. B. leicht veränderliche Lage des Eies innerhalb der Eihüllen zum Schutze gegen die umordnende Wirkung der Schwerkraft) erworben waren, oft den Gang der Entwickelung störende äußere Einwirkungen stattfinden. Und nur soweit Regulationen möglich waren, konnte die

Digitized by Google

Weiterentwickelung und ein normales resp. typisches Produkt erlangt werden. Diese spezielle Regulationsfähigkeit mußte zugleich mit der steigenden Komplikation der Lebewesen in entsprechender Weise erworben werden (Nr. 5, II. S. 911, 981).

Solange und soweit häufig Störungen stattfanden, konnte auch kein mit „Selbstdifferenzierung von Teilen" verlaufender Entwickelungsmodus auf „natürliche Weise" entstehen und sich weiter ausbilden. (Ein Schöpfer dagegen hätte sogleich diesen am festesten mechanisierten Modus und außerdem gleichzeitig auch die Regulation desselben schaffen können.) Unter solchen Verhältnissen konnte durch Selbstzüchtung aus Variationen nur ein Keimplasma entstehen, bei dessen entwickelnder Tätigkeit die Teile immer oder sehr lange in Abhängigkeit vom Ganzen oder von großen Teilen desselben blieben. Die Entwickelung durch totale Wechselwirkung ist also vermutlich die primär entstandene Art. Die Entwickelung unter Selbstdifferenzierung von Teilen wäre dagegen erst nach der Erwerbung sehr erheblichen Schutzes vor Störungen und nur, soweit dieser in der Regel ausreichte, allmählich als eine Vereinfachung gezüchtet worden (s. Nr. 5. II. S. 912).

124. Anm. zu Seite 74.

Fortschritt in der Erkennung von Epigenesis.

Diese Auffassung stellt einen Schritt nach der Seite der Epigenesis hin dar, eine kleine Weiterführung der Epigenesis von der „sukzessiven Produktion neuer Formen" C. Fr. Wolff's (S. 12), die aber noch auf bloßer „Metamorphose" überaus zahlreicher präexistierender unsichtbarer verschiedener Teile also auf Evolution beruhen kann, zur „sukzessiven Determination neuer Formen, also zur allmählichen, wiederholten Neubestimmung von Mannigfaltigkeit mit nachträglicher Ausführung des Determinierten, somit zur wirklichen Produktion von Mannigfaltigkeit, Neoepigenesis.

Es ist „denkbar", daß dabei das Ei auch im Ganzen (Eiplasma und Kern zusammen) genommen, anfangs nur relativ

Digitized by Google

wenige aber typisch zueinander geordnete Qualitäten enthält, wonach seine Entwickelung Epigenesis im Sinne unserer Definition (S. 104) ist. Es könnte aber auch selbst unter diesen Verhältnissen, besonders wohl im Zellkern, ein Reservoir von vielen speziellen Qualitäten vorhanden sein, aus dem nur nach und nach aktiviert und entnommen wird, was zu dem im Zellleib Determinierten oder Entwickelten gerade Beziehung hat, also sich dazu eignet (S. 240). Wir kommen auf Grund des erwähnten Prinzipes somit zunächst nur zu einem hohen Grade von Epigenesis für die Entwickelungstätigkeit des Zellleibs, während bezüglich des Kerns wohl noch an eine größere präexistierende Mannigfaltigkeit mit sukzessiver Betätigung derselben also an Evolution (Praeformation) zu denken ist (s. S. 163).

125. Anm. zu Seite 75.

Die Kluft zwischen deskriptiver und kausal-analytischer entwickelungsgeschichtlicher Forschung.

Die allein das Sichtbare beschreibende „deskriptive" Forschung einerseits und die „kausal-analytische" oder „entwickelungsmechanische" Forschung andererseits bezeichnen also die beiden extremen Forschungsweisen der Entwickelungsgeschichte. Die zwischen ihnen bestehende große Kluft ist in den beiden letzten Dezennien bereits durch viele Übergänge in erfreulicher Weise zu überbrücken begonnen worden. Dies geschah einmal durch das deskriptive, jetzt vielfach noch „unbestimmte" aber in seiner höchsten Leistung bereits formal-analytische Experiment, welches das gestaltliche, nur als formale Änderung betrachtete Geschehen genauer verfolgbar macht, als dies allein mit optischen Mitteln möglich ist. Es ermittelt zumal die Örtlichkeit des gestaltenden Geschehens genauer (S. 21, 147) und stellt damit zugleich oft eine nötige Vorstufe der ursächlichen Forschung dar.

Digitized by Google

Ferner durch den oben (S. 27) charakterisierten „blinden Versuch“ ohne analytische Fragestellung. Dieser hat mehrfach sehr Wichtiges ergeben (S. 234). Die Ergebnisse solcher Versuche wurden dann zum Teil schon durch anschließende, analytisch gedachte Versuche weiter verfolgt und ursächlich zerlegt, und führten so zu genauerer kausaler Erkenntnis.

Außerdem durch die vielfache Wiederaufnahme des viel älteren, bereits von Leuckart, Dareste etc. verwendeten kausal-unbestimmten Versuches am Keime, neuerdings zumal mit Einwirkung chemischer Agentien, deren Ergebnisse dann weiterhin auch teilweise schon analytisch gedeutet und verwertet worden sind.

Die höchste Stufe aber stellt, wie dargelegt, der kausal-analytische Versuch dar, welcher bis auf die Beeinflussung und Ermittelung bestimmter Faktoren resp. Komponenten der Gestaltung und bis auf die Ermittelung ihrer Wirkungsweise durchzuführen ist. Zu diesem letzteren Zwecke reichen aber oft Versuche einer einzigen Art nicht aus, sondern es muß zu einer gleichzeitigen oder sukzessiven Kombination verschiedenartiger Versuche gegriffen werden, um einzelne Wirkungsweisen sicher zu ermitteln (Nr. 5. Bd. II. S. 89. 1015. Arch. f. Entw.-mech. I. S. 11. Verhdl. d. anat. Ges. 1902. S. 63).

Die Verwertung und Weiterführung der an sich unsicheren kausalen Ergebnisse der vergleichend anatomischen Forschungen durch das Experiment steht noch aus; sie verheißt einen weiteren wichtigen Fortschritt.

126. Anm. zu Seite 75.

Notwendigkeit besonderer Lehrstellen und Institute für Entwickelungsgeschichte.

Die Königliche Preussische Unterrichtsverwaltung, welche als erste bereits im Jahre 1888 für den damals noch winzigen Keim der entwickelungsmechanischen Forschungsrichtung einschließlich der deskriptiven Entwickelungsgeschichte auf

Digitized by Google

Antrag des Anatomen Prof. C. Hasse und auf Befürwortung Rudolf Heidenhains, des berühmten Physiologen, zu Breslau mir ein eigenes Institut schuf, darf mit Genugtuung aus dem oben Dargelegten entnehmen, daß sie sich in ihrem Urteil über die Entwickelungsfähigkeit dieses Keimes nicht getäuscht hat.

Bei der großen Fülle von neuen Tatsachen, die durch diese kausalen Forschungen zu dem bisherigen Lehrmaterial der deskriptiven Entwickelungsgeschichte hinzugekommen ist, und bei der hohen Wichtigkeit derselben für die allgemeine Biologie, für die Physiologie, sowie demnächst auch für die Pathologie und für manche Zweige der Chirurgie, besonders für die Orthopädie, ist es zeitgemäß, daß andere Universitäten und Staaten bald nachfolgen. Die eigenartige und mannigfache, besondere Vorrichtungen, ja in Zukunft ein besonderes, wohl eingerichtetes Laboratorium erfordernde experimentelle Methodik der neuen Richtung macht nötig, daß außer Lehrstellen noch besondere Institute oder an größeren anatomischen bezw. zoologischen Instituten besondere Abteilungen zur Lehre und Pflege der gemeinsamen deskriptiven und kausalen Entwickelungsgeschichte geschaffen werden.

127. Anm. zu Seite 75.

Zur Literatur.

Um für alle Arten der direkt kausalen, sowie auch der nur über das rein Deskriptive hinaus nach der kausalen Erkenntnis hinführenden Arbeit eine Sammelstätte zu schaffen, gründete ich das Archiv für Entwickelungsmechanik, das Mitarbeiter in fast allen Kulturvölkern zählt und in seinem zehnjährigen Bestehen bereits einen Umfang von 19 Bänden gewonnen hat, gewiß ein erfreuliches Zeichen des Umsichgreifens des Strebens nach kausaler Einsicht auf entwickelungsgeschichtlichem Gebiete. Auch haben verschiedene aus- und inländische Zeitschriften ihr Programm ausdrücklich oder stillschweigend zur Auf-

Digitized by Google

nahme solcher Arbeiten erweitert; und jüngst haben ausgezeichnete Forscher der vereinigten Staaten von Amerika, denen wir viele und bedeutende Arbeiten auf unserem Gebiete verdanken, eine eigene Zeitschrift für die experimentelle Zoologie (Journal of experimental Zoölogie) gegründet. Auch monographische Werke sind erschienen; und in einem Teil der Lehrbücher beginnen die Ergebnisse dieser kausalen Forschung von Verständnis zeugende Verwertung zu finden. So haben Korschelt und Heider ihrem ausgezeichneten Lehrbuche der vergleichenden Entwickelungsgeschichte der wirbellosen Tiere (Nr. 166) einen entsprechenden, wirklich analytisch gedachten entwickelungsmechanischen Abschnitt eingefügt. Auch in der noch im Erscheinen begriffenen Zusammenfassung der deskriptiven entwickelungsgeschichtlichen Ergebnisse der Wirbeltiere, speziell in Rich. Hertwigs Artikel über die Furchung (Nr. 167) und noch eingehender in Barfurths Bearbeitung der Regeneration (Nr. 116) ist die kausal-analytische Forschung verwertet worden. In der vom Herausgeber, O. Hertwig, verfaßten großen historischen Einleitung fehlt dagegen der Geist dieser Forschungsweise und das auf ihm beruhende kausal-analytisches Programm gänzlich. Das experimentelle wird bloß als Anhang des Deskriptiven und als zu seiner Förderung nützlich beurteilt (s. a. Driesch Nr. 170, S. 801).

Nach den oben (S. 5 u. 143) reproduzierten Auffassungen des Autors, und da das von mir entwickelte kausal-analytische Programm (für ihn), wie er sagt (Nr. 6), nur: „Worte, nichts als Worte“ darstellt, kann man ihm das nicht verdenken. In letzter Zeit hat O. Hertwig aber doch manche allgemeine, von mir vertretene Auffassung, die er früher bekämpft hat, verwertet (s. „die Zelle und die Gewebe“, Bd. II 1898), wenn auch unter Berufung auf andere Vertreter der kausalen Richtung; auch finden sich mehrfach Widersprüche in seinen Äusserungen. Vielleicht kündet sich darin und in seiner jüngst

Digitized by Google

publizierten Rede: Über die Aufgaben anatomisch-biologischer Institute in Unterricht und Forschung, Berlin 1904, eine etwas weitere Annäherung an unsere Bestrebungen an.

128. Anm. zu Seite 76.

Verwendung der Teratologie und des Experimentes zur Erkenntnis des „typischen" Entwickelungsgeschehens.

Es wird von manchen Gegnern behauptet, da die Experimente am Ei und Embryo im Wesentlichen nur Mißbildungen produzierten, so hätten sie eigentlich nur teratologisches Interesse. Dem entgegen ist es unsere Absicht, mit Hilfe dieser Versuche Einblick auch in die Vorgänge des typischen Entwickelungsgeschehens zu gewinnen.

Ich habe immer betont, daß jedes Versuchsergebnis noch besonders darauf zu prüfen ist, wieweit es Rückschlüsse auf das typische Geschehen gestattet, wieweit dagegen es Produkt atypischen Geschehens ist. Das ist allerdings oft schwer zu ermitteln (S. 233). Irrtümer sind, zumal anfangs, also jetzt, wo wir meist noch gar nicht über die Arten des vorliegenden Geschehens und den Grad seiner Komplikation unterrichtet sind, nicht zu vermeiden.

Unsere jetzigen, daher selbstverständlich vielfach irrtümlichen Auffassungen werden aber allmählich durch weitere Versuchsergebnisse berichtigt werden.

Wer aber nicht nach der Ermittelung von noch fast ganz im Bereiche des Unbekannten Liegenden strebt, sondern nur auf einem bereits durch die Forschung der Vorgänger annähernd aufgeklärten Gebiete arbeitet, kann mit Selbstgenugtuung über die Irrtümer der Anderen urteilen, nachdem sie ermittelt sind. Wir trösten uns mit der Einsicht: „Es irrt der Mensch, so lang er strebt".

Wir stehen jetzt vor unserer Aufgabe ähnlich wie die Physiologie etwa zur Zeit des Galen vor der ihrigen. Und wir dürften froh sein, wenn unsere Vermutungen sich später so bewahr-

Digitized by Google

heiten wie z. B. die Annahme des Galen, dass vom rechten Herzen aus der „Russ" aus dem Blute durch die sich öffnenden halbmondförmigen Klappen nach den Lungen steigt und dort ausgehaucht wird, und daß die Lungenarterie zugleich dazu dient, der Lunge ihr „Ernährungsblut" zuzuführen und wie ferner seine Ahnung, daß ein bestimmter Bestandteil der Luft mit dem Blute das Pneuma zootikon (den tierischen, im Blute befindlichen Lebensgeist) bildet und so das Leben unterhält, und daß dies derselbe Stoff ist, der auch die Verbrennung unterhält, was erst 1500 Jahre später als richtig und durch den Sauerstoff geschehend bewiesen wurde. Daneben herrschten allerdings auch noch allerhand an sich ganz absonderlich scheinende Vorstellungen, wie die, daß das rechte Herz das Blut in die Körpervenen treibt, oder daß das Belebende die dem Körper eingepflanzte Wärme sei u. a. Um der Bildung ähnlicher falscher Vorstellungen möglichst vorzubeugen, sind wir methodisch vorgegangen und haben mit der Stellung und Lösung der allgemeinsten, unbestimmtesten Fragen begonnen, um nur in kleinen Schritten allmählich zum Besonderen und Bestimmteren fortzuschreiten.

Wer ferner später eine Einzelheit in jahrelange Spezialbearbeitung nimmt, die früher bei der Orientierung über die ganze Sachlage nur neben vielen anderen Fragen zum erstenmal gestellt und mit neuer Methode kurz behandelt worden war, dem liegt es natürlich ob, Genaueres darüber zu ermitteln, als der Vorgänger. Aber es empfiehlt sich, daß er außer dem Neuen und Berichtigenden auch das Gemeinsame der Ergebnisse konstatiert, statt dies zu verschweigen.

Bei unseren hypothetischen Ableitungen müssen wir auch zunächst wieder mit dem Prinzipe der einfachsten Ableitung des Unbekannten, mit der Ableitung auf die einfachste Art des Geschehens (nicht aber der wörtlichen Darstellung Nr. 6), arbeiten, obschon wir dieses Prinzip oben (s. S. 6) als in Wirklichkeit vielfach nicht zutreffend erkannt haben. Es weist aber wenigstens einen bestimmten Weg,

Digitized by Google

während wir mit dem umgekehrten Prinzipe der komplizierten Ableitung stets sehr viele Möglichkeiten erhalten.

Um aber möglichst sicher zu gehen, müssen wir immer prüfen, ob beim typischen Geschehen die Verhältnisse derartige sind, daß die in atypischen Verhältnissen beobachteten Reaktionen und die daraus abgeleiteten Wirkungsweisen hier gleichfalls zur Geltung kommen können *). Wenn dies der Fall ist, dürfen wir eine Übertragung schon vorläufig wagen. Denn wir müssen und dürfen wie in der Pathologie so auch in der Teratologie und bei den Reaktionen auf künstliche Eingriffe zunächst mit der Annahme arbeiten, daß (von regressiven Vorgängen, z. B. der amyloiden Degeneration abgesehen) auch bei dem abnormen Geschehen ausser der Regulation keine der typischen Entwickelung ganz fremden gestaltenden Wirkungsweisen vorkommen, sondern daß auch die atypischen Gestaltungen durch die „typischen, elementaren Bildungsweisen" vollzogen werden, die dabei nur am unrechten Ort, zu unrechter Zeit oder in unrichtiger Intensität und Richtung stattfinden.

Das Hauptmittel aber, um das typische Geschehen aus Reaktionen im Experimente möglichst richtig zu beurteilen, ist die bereits erwähnte gleichzeitige oder sukzessive Anwendung verschiedenartiger Experimente zur Ermittelung eines und desselben Bildungsgeschehens (siehe S. 246) somit die Anwendung desselben

*) Die Pathologen selber scheinen, von wenigen: R. Beneke, Monakow, Ribbert u. a. abgesehen, zu dieser Prüfung, sei es auch nur zu der geistigen Prüfung, ob die Verhältnisse, unter denen sie eine gestaltende Reaktion erhalten haben, derartige sind, daß dieselbe auch bei der typischen Entwickelung vorkommen kann, leider nur wenig geneigt zu sein. Daher wird manches ihnen zugehende, für uns überaus wertvolle, nur durch viele Jahre dauernde Experimente künstlich herstellbare Material nicht voll ausgenutzt.

Digitized by Google

Verfahrens, wie wir es bei der Erforschung unserer anorganischen Umgebung auch benutzen, indem wir z. B. die Ergebnisse der Eindrücke desselben Objekts auf verschiedene Sinnesorgane, auf Gesicht- und Tastsinn zusammenfassend verwerten, oder wie wir bei Anwendung zwar nur eines Sinnesorganes aber durch philosophische Einsicht und verschiedenartige Experimente erkannt haben, daß das farbige Licht in Wirklichkeit nichts Farbiges, sondern Wellen von ganz genau bestimmter Länge darstellt.

129. Anm. zu Seite 76.

E. Häckels unzutreffendes Urteil über die Entwickelungsmechanik.

Die Leser des Vorstehenden sowie E. Häckels werden erkannt haben, daß unser Programm sich wesentlich von dem unterscheidet, was E. Häckel wiederholt und noch jüngst (Die Lebenswunder 1904) über dasselbe geäußert hat. Er sagt an letzterem Orte (S. 440): „In prinzipiellem Gegensatze zu derjenigen Mechanik der Ontogenie, die ich 1866 aufgestellt und im Biogenetischen Grundgesetze ausgedrückt hatte, entwickelten sich später mehrere andere Richtungen der Embryologie, die unter der gemeinsamen Firma der „Entwickelungs-Mechanik“ die allerverschiedensten Ziele und Wege verfolgten.“ Häckel spricht danach aber nur von His' kausalen Bestrebungen, die er prinzipiell bekämpft, die wir oben zwar als an sich berechtigt, aber doch als prinzipiell und methodisch nicht ausreichend beurteilt haben. Häckel fügt S. 441 hinzu: „Das Archiv für Entwickelungsmechanik enthält neben wertvollen Untersuchungen über die Physiologie und Pathologie des Embryo auf frühesten Stufen der Keimung, eine bunte Sammlung der verschiedensten ontogenetischen Arbeiten, die teils auf das Biogenetische Grundgesetz sich stützen, teils dasselbe ignorieren oder bekämpfen (vergl. auch Anthropogenie, 5. Aufl. S. 64).

Digitized by Google

Ich hoffe dagegen, daß alle mit unserem Programm und mit dem Inhalte der im Archiv für Entwickelungsmechanik publizierten Arbeiten besser Vertrauten sowohl die Einheitlichkeit des Zieles wie auch in jeder der Einzelarbeiten einen zu kausaler Erkenntnis führenden, mindestens sie vorbereitenden Kern erkennen werden (s. S. 247).

Wir stimmen zwar dem Satze Häckels zu:

„Die Phylogenesis ist die mechanische Ursache der Ontogenesis". Genauer können wir sagen: Die Phylogenesis ist größtenteils die determinierende Ursache der Ontogenesis (s. S. 186). Das auf diesem Grundsatze beruhende „Biogenetische Grundgesetz" bezeichnet aber bloß die Tatsache der Wiederholung und ihre allgemeine Notwendigkeit, also den Kausalzusammenhang im allgemeinsten. Nicht aber lehrt es uns etwas über die Art des Geschehens, über die dabei beteiligten determinierenden und ausführenden Wirkungsweisen und ihre Wirkungsgrößen. Diese Kenntnis kann erst die experimentelle ontogenetische und proontogenetische Entwickelungsmechanik uns bringen, soweit dies überhaupt möglich sein wird. Siehe auch O. Bütschli in Nr. 9.

130. Driesch, Hans, Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft, Eine kritische Studie. 1893.

Derselbe, Die „Seele" als elementarer Naturfaktor. Studien über die Bewegungen der Organismen. gr. 8. 1903.

Derselbe, Naturbegriffe und Natururteile. Analytische Untersuchungen zur reinen und empirischen Naturwissenschaft. gr. 8. 1904.

Derselbe, Ergebnisse der neueren Lebensforschung. Politsch-anthropologische Revue. Jahrg. II, Heft 10. 1904. In diesem kleinen Artikel bringt der Autor seine allgemeinsten Ansichten in sehr klarer Darstellung, sodaß dieser Artikel zur Einführung in dieselben sehr geeignet ist.

Hartmann, Ed. von, Die Abstammungslehre seit Darwin. Annalen der Naturphilosophie. Bd. 2. 1902.

Derselbe, Das Lebensprinzip. Deutschland, Monatsschr. f. d. ges. Kultur. Heft 20. 1904.

Digitized by Google

Derselbe, Mechanismus und Vitalismus in der modernen Biologie. Arch. f. syst. Philos. 1903. Bd. 9. Heft 2 und 3.

Reinke, J., Gedanken über das Wesen der Organisation. Biolog. Zentralbl. 1899.

130a. Bütschli, O., Mechanismus und Vitalismus. Leipzig 1901.

Ferner seien aus der reichen bezüglichen Literatur erwähnt:

Albrecht, Eugen, Vorfragen der Biologie. Wiesbaden 1899.

Derselbe, Die „Überwindung des Mechanismus" in der Biologie. Biolog. Zentralbl. 1901. Bd. 21.

Verworn, M., Die vitalistischen Strömungen der Gegenwart. Die deutsche Klinik von Leyden und Klemperer. 1904.

131. Anm. zu Seite 77.

Identität von Zweckmäßigkeit und Dauerfähigkeit der Organismen.

Ed. v. Hartmann erhebt, übrigens mit Wendung gegen Ostwald, einige Einwendungen gegen die von mir aufgestellte Ansicht, daß Zweckmäßigkeit im Baue der Organismen identisch mit Herstellung oder Erhöhung der Dauerfähigkeit derselben ist. Ich habe diese Identität, wie aus dem ganzen bezüglichen, über das Wesen des Organischen handelnden Abschnitt (Nr. 2a. Kap. 5; Nr. 5, I. S. 387) hervorgeht, nur für die Organismen, nicht für Anorgane, (z. B. Kristalle) aufgestellt und auf die spezifischen Eigenschaften der Lebewesen gegründet, auf die Dauerfähigkeit trotz des Stoffwechsels und durch denselben sowie darauf, daß die Lebewesen in einer Aufspeicherung einer so großen Anzahl von besonderen Eigenschaften, Vorgängen, Wirkungsarten bestehen, daß sie nicht in kurzer Zeit und unter beliebigen Umständen wieder ganz von neuem entstehen können, sondern daß sie auf „natürliche Weise" nur unter sehr besonderen, zufällig günstigen Umständen sukzessive durch Äonen dauernde Züchtung und Aufspeicherung der Wirkungsweisen (Funktionen) entstanden sein können (s. S. 108 und 149). Daher ist jetzt die Dauerfähigkeit der Individuen durch Selbsterhal-

Digitized by Google

schließlich der ihr dienenden mannigfachen Selbstgestaltungsfähigkeit die Vorbedingung der Existenz der vorhandenen und der Bildung neuer Lebewesen. Und alles, was wir Naturforscher an den Organismen als zweckmäßig bezeichnen, dient der Selbsterhaltung, stellt sie her oder erhöht die schon vorhandene, ist also dauerfördernd.

Damit sollte aber nicht ausgeschlossen sein, daß ein Philosoph, ein Moralist, indem er das seelische Geschehen berücksichtigt und dabei nach ganz anderen Prinzipien urteilt, nicht auch manches an den Organismen als zweckmäßig erachtet, was die Dauerfähigkeit nicht erhöht, sie vielleicht sogar vermindert, wie z. B. ein sehr gesteigertes Ehrgefühl. Außerdem habe ich meine Auffassung auch nicht in so absolutem Sinne gemeint, wie v. Hartmann annimmt, indem er ihrer nicht ganz entsprechenden Anwendung durch Ostwald entgegenhält, daß viele Bäume dann als zweckmäßiger eingerichtete Organismen zu beurteilen wären als die Menschen, weil sie länger leben als diese. Auch bei der Vergleichung der Wertigkeit der Dauerfähigkeit verschiedener Organismen muß man die speziellen Verhältnisse derselben mitberücksichtigen.

132. Anm. zu Seite 81.

Notwendigkeit der Umformulierung bei weitergehender Analyse, speziell in Anwendung auf die Theorie der **funktionellen Anpassung.**

Bei dieser Formulierung der trophischen Wirkungsweise der funktionellen Reize und bei der Ableitung der funktionellen Strukturen aus ihr habe ich seinerzeit der Einfachheit der Formulierungen und der leichteren Verständlichkeit wegen das „Gewebe" als eine „Einheit" genommen, teils auch, wie ich aussprach, weil wir damals noch nichts Ausreichendes über den morphologisch assimilierenden, also Wachstum produzierenden Anteil der verschiedenen Bestandteile: des Zellkerns, des Protoplasmas, seiner spezifisch fungierenden Einlagerungen (z. B. der Fleischprismen) und der Interzellu-

Digitized by Google

larsubstanz wussten, wie wir denn auch jetzt darüber noch nicht genügend unterrichtet sind. Sobald wir aber das Geschehen in die Einzel-Leistungen dieser verschiedenen Gewebsbestandteile zerlegen, muß natürlich die allgemeinere, dies alles zusammenfassende Formulierung entsprechend umgeformt werden, ohne daß aber damit das Gestaltungsprinzip selber und seine Leistungen geändert werden. Auf diese weitergehende Zerlegung habe ich seinerzeit bereits in meinen beiden ersten, der Theorie der funktionellen Anpassung (Nr. 2a, 1881) folgenden Spezialarbeiten hingewiesen (Nr. 5, I. S. 356, 434, 548, II. S. 215, siehe auch Nr. 23a, S. 647). Das ist G. Wolff (Nr. 176), H. Driesch (Nr. 177) und C. Plate (Nr. 178) entgangen. Die ersteren Autoren glauben außerdem, die Notwendigkeit dieser Umformulierung stelle eine einschränkende Einwendung gegen das Wesentliche meiner Theorie der funktionellen Anpassung dar; und Driesch glaubt dadurch Terrain für die Wiedereinführung der Entelechie zu gewinnen. Beides ist unzutreffend. Die bei dieser mehr spezialisierten Formulierung anzunehmenden besonderen Wirkungsweisen sind gleichfalls „rein mechanistisch" ableitbar und vorstellbar.

Zum Teil habe ich die, übrigens stets nur „eventualiter" abgeleiteten Folgerungen auf die damals herrschende Auffassung gegründet, daß die differenzierten und spezifisch fungierenden Teile der Zellen auch selber morphologisch assimilieren. In den speziellen Beiträgen zur funktionellen Anpassung aber wurde bereits für Binde-, Knochen- und Muskelgewebe die andere Möglichkeit, daß besondere Matrikularteile die spezifisch fungierende Substanz herstellen, berücksichtigt, worauf neuerdings auch Driesch wiederholt eingegangen ist. Oben S. 128 wurde weiterhin einmal die Denk-Möglichkeit erörtert, daß überhaupt nur die implizite strukturierte Substanz, nur das Keimplasma morphologisch assimiliere und selber wachse (dies aber natürlich auch wieder nur als „Komplex verschiedener Teile",

Digitized by Google

nicht im analytischen Sinne S. 118), wonach dann alles Wachstum des schon Entwickelten nur vom Keimplasma ausgehende Neubildung also „Neuentwickelung" wäre. Alles als in Wirklichkeit unter diese Art der Gestaltung fallend erkannte Gestaltungsgeschehen ist dann natürlich dementsprechend umzuformulieren. Für die „mechanistische Erklärbarkeit" aber ist es ganz nebensächlich, ob der funktionelle Reiz die die verstärkte Funktion vollziehende Substanz (die kontraktile Muskelsubstanz, die secernierende Drüsensubstanz, die Interzellularsubstanz des Knochens oder die Bindegewebsfibrillen) oder ihre in der Zelle befindliche und entsprechend verteilte Matrix zur Vermehrung anregt. Die „der verstärkten Funktion entsprechende Vermehrung" und die der „Lokalisation des funktionellen Reizes entsprechende Lokalisation" der fungierenden Substanz sind das Wesentliche des Geschehens, und beides ist in beiden Fällen vorhanden. Auf eine dieses beides leistende Reaktionsqualität der Gewebe stützt sich im Wesentlichen meine Theorie der funktionellen Anpassung.

Nach der Verteilung und Größe der durch die Funktion oder durch den funktionellen Reiz direkt zur Neubildung anregbaren kleinsten Teile richtet sich nur die Feinheit der auf diese Weise herstellbaren funktionellen Strukturen (Nr. 5, I. S. 548); und ich habe bereits bei den Knochen auf das tatsächliche Nichtzureichen der Anpassung in dieser Beziehung hingewiesen (Nr. 5, I S. 718). Andererseits wachsen die Bindegewebsfasern jedenfalls nicht bloß passiv vom Plasson der Zelle aus (S. 191), sondern sie wachsen, sei es interstitiell oder an den freien Enden durch eigene assimilierende Tätigkeit, und zwar geschieht dies in der „zweiten Periode" (s. S. 94) unter Einwirkung von direktem Zug oder auch von indirektem Zug, wie er durch Druck rechtwinkelig zu diesem entsteht. Mit der Spezialisierung und Änderung unserer Kenntnisse von diesen Verhältnissen müssen natürlich auch unsere Vorstellungen von dem besonderen, aber für jedes Gewebe stabilen Gewebs-Bildungsmechanismus und von der Bildungsweise der aus jedem Gewebe

Digitized by Google

aufgebauten Strukturen, sowie auch vom züchtenden Kampfe unter den Gewebsvariationen und von der phylogenetischen Entstehung der allgemeinen Gewebsqualität der trophischen Wirkung der funktionellen Reize spezialisiert resp. geändert werden. Diese Neuformulierungen haben aber keine Schwierigkeit, nachdem einmal der ganze Gedankengang dargelegt ist (S. 264). Darauf, sowie auf sonstige gegen die Theorie der funktionellen Anpassung erhobene Einwendungen wird in dem dieser Anpassung gewidmeten Vortrage eingegangen werden.

Darüber, daß die Züchtung für sich allein nichts Neues hervorbringen, nichts bilden kann, sondern nur Gebildetes ausmerzt und nur dadurch die Art des Existierenden, damit aber auch die weitere Bildung indirekt beeinflußt, siehe Nr. 2a S. 240 oder Nr. 5, I. S. 421.

132a. Driesch, H., Über ein neues harmonisch-äquipotentielles System und über solche Systeme überhaupt. Arch. f. Ent.-Mech. 14. 1902.

133. Anm. zu Seite 83.

Die gestaltenden Wechselwirkungen zwischen explizitem Teil und implizitem Ganzen.

Diese rätselvollen Wechselwirkungen, welche wir also für die gestaltlichen Regulationen annehmen müssen, sind aber, von der Regulation selber abgesehen (S. 242), von ganz derselben Art wie diejenigen, von welchen wir oben (S. 69, 129, 241) die typische, sowohl in Wachstumsvorgängen, wie in sichtbarer Differenzierung sich vollziehende Entwickelung abgeleitet haben. Das ist eine wesentliche Einsicht. Dies geschah bei der allerdings nur hypothetischerweise erörterten aber für einige Gewebe mehr oder weniger zutreffenden Elimination oder wenigstens Einschränkung der morphologischen „Selbstassimilation" und des „Selbstwachstums" der „entwickelten Teile". Wenn diese Hypothese sich auch nur für einige Gewebe als richtig erweist, so werden damit doch schon die morphologischen Regulationen teilweise ihres Sondercharakters beraubt, insofern sie durch Wirkungsweisen, welche

Digitized by Google

auch bei der typischen Entwickelung beteiligt sind, wenn auch nicht allein determiniert, so doch „ausgeführt" werden (NB. ohne daß diese Wirkungsweisen selber aber schon regulatorischen Charakter an sich trügen, S. 242).

133a. Anm. zu Seite 83.

Selbstdifferenzierung bei der Regeneration durch „Sprossung."

Die Regeneration durch Umordnung und Umdifferenzierung findet also unter Beteiligung des ganzen im entwickelten Zustand vorhandenen Stückes (oder eines großen Teiles desselben) statt. Sie ist darin somit ähnlich der typischen Entwickelung durch totale Wechselwirkung. (S. 242).

Die Regeneration durch Sprossung dagegen geschieht bloß unter gestaltlicher Umänderung der in der Nähe des Defektes liegenden Teile des Körpers. Und nach den Versuchen Barfurths u. a. über das Nichtnötigsein des Nervensystems zur „Determination" der Regenerations-Gestaltungen wird die neue Gestaltung bloß durch determinierende Wirkung der dem Defekte benachbarten entwickelten Teile hervorgebracht. Bei den bezüglichen Tieren geschieht die Regeneration also jedenfalls der Hauptsache nach unter Selbstdifferenzierung des dem Defekt benachbarten Stückes, somit darin ähnlich, wie es bereits für die typische Entwickelung der Tiere der Gruppe 1, Seite 67 erwiesen ist, welche gleichfalls unter Selbstdifferenzierung von Teilen sich vollzieht.

Es liegt nahe, einen Kausalnexus zwischen diesen beiden Vorkommnissen von Selbstdifferenzierung anzunehmen. Es ist also zu erforschen, ob das Zusammenvorkommen beider so konstant ist, daß in neuen Fällen vom erforschten Einen dann auch das Vorhandensein des anderen gefolgert werden darf, also im Speziellen, ob von der vielfach beobachteten Regeneration durch Sprossung stets auch auf das Vermögen zur Selbstdifferenzierung von Teilen bei der typischen Entwickelung geschlossen werden darf.

Digitized by Google

Die „Regeneration durch Sprossung" ist vermutlich ebenso wie die Entwickelung durch „Selbstdifferenzierung von Teilen" (S. 243) phylogenetisch erst nach dem durch ausgedehnte Wechselwirkungen bewirkten Modus, hier der „Regeneration durch Umordnung und Umdifferenzierung" erworben, und dieser Modus vielleicht erst nach der mit „Entdifferenzierung", Ribbert, einhergehenden Regeneration. Alle drei sind jedenfalls durch viele Zwischenstufen verbunden, und der spätere ist nicht plötzlich neu entstanden, sondern erst allmählich aus dem früheren hervorgegangen. Am schwierigsten ist die Regeneration durch Sprossung vorstellbar, sofern hier wirklich die Determination des zum entwickelten Ganzen Fehlenden allein von einem Stücke des Entwickelten bewirkt wird. Dieses den Defekt begrenzende Stück des entwickelten Individuums muss also für das in ihm aktivierte Keimplasma auch das übrige noch entwickelt Vorhandene determinierend vertreten, so daß solches nicht nochmals gebildet wird (was aber manchmal geschieht und so auf Mangelhaftigkeit dieser Fühlung hindeutet. S. 79).

133b. Anm. zu Seite 83.

Zur mechanistischen Erklärbarkeit der Totalpotenz beliebig abgegrenzter Stücke eines Lebewesens.

Auf die im Texte dargelegte Weise ist es rein mechanistisch erklärbar geworden, daß jedes solche Stück eines, sei es noch wenig oder mehr oder ganz entwickelten Ganzen das entwickelte Ganze mit der typischen Harmonie aller seiner Teile herstellen kann, daß dieses Stück nach der Terminologie Driesch's ein „harmonisch äquipotentielles Formbildungssystem", genauer ein totalpotentes System darstellt. Übrigens leite ich diese Systeme nicht, wie Driesch (Nr. 169, S. 845) angibt, von „zahllosen Nebenplasmen", sondern von dem einen Vollkeimplasma ab. Andererseits ist es durch diese Ableitung verständlich geworden, daß es unendlich viel solche Systeme giebt, das heisst, dass fast jedes

Digitized by Google

von uns willkürlich abgegrenzte Stück vieler Tiere diese Leistungsfähigkeit besitzt.

Es ist also mit dem so vielfach erhaltenen experimentellen Ergebnis dieser, zudem nur atypischen Äqual-, genauer Totalpotenz nicht viel an spezieller Einsicht gewonnen. Und Driesch's aus diesen Ergebnissen abgeleitete Folgerung, daß „vom Begriff des harmonisch-äquipotentiellen Systems die Erforschung morphogenetischer Allgemeingesetzlichkeiten auszugehen hat" (Nr. 169, S. 846), wird von mir nicht geteilt. Sondern nach meiner Auffassung hat die Forschung von dem typischen Geschehen, vom typischen totalpotenten System des Eies und von der bei seiner Entwickelung stattfindenden typischen Spezifikation und deren Ursachen, sowie von den entsprechenden typischen Leistungen der Zellen auszugehen.

Vor allem darf man die in atypischen Verhältnissen erkannte Äqualpotenz von Systemen nicht ohne weiteres für den Ausdruck auch typischer Gleichwertigkeit halten (s. S. 235, Nr. 121). Und wir können auch nicht zugeben, was Driesch aus dieser Totalpotenz ableitet, daß für diese Leistung „jede Form von Maschinentheorie logisch versagt" (Nr. 175), und daß daher auf eine in dem Stück enthaltene „Entelechie" geschlossen werden müßte (s. a. Nr. 138).

Dagegen ist es nach der oben gegebenen Ableitung der atypischen Totalpotenz eine besondere Frage, warum nicht alle Furchungszellen und alle Stücke des Embryo solche totalpotenten Systeme darstellen. Wenigstens bezüglich der Furchungszellen kann man vermuten, daß diese Potenz unter geeigneten äußeren Verhältnissen doch noch später durch Postgeneration resp. Regeneration sich bekundet. So hat Chun bei Ctenophoren, deren Furchungszellen zunächst nur Teilbildungen liefern, später noch Postgeneration beobachtet. Es muß die „Störung" nur erst im System bemerkbar geworden sein, was bei einfacher, ohne Schädigung verlaufender Isolation von Teilen, welche der Selbstdiffe-

Digitized by Google

renzierung fähig sind, erst nach dem Ablauf dieser Fähigkeit der Fall sein wird. Andererseits ist nicht gerade verwunderlich, wenn spätere, differenziertere Zellen nicht alle mehr Vollkeimplasma enthalten. Doch ist die wirkliche Sachlage noch nicht bekannt.

Was bedeutet es aber, daß in Born's Verwachsungsembryonen und bei anderen „Doppelbildungen" die Regulation jedes Stückes zum Ganzen ausgeblieben ist? Ist es, weil die „Unterbrechungsfläche" fehlt (s. Nr. 5, II. S. 498) oder weil keine ausreichend „abnorm wirkende Nachbarschaft" vorhanden ist. Das „Ganze" ist gestört, aber es wird anscheinend nicht bemerkt, wenigstens nicht reguliert. Also ist hier der Grad der Störung nicht ausreichend, da doch das Regulationsvermögen an sich diesen Stücken eigen ist. Somit liegt wieder eine mechanistische Mangelhaftigkeit der Regulationen vor (s. S. 79).

Ich glaube ferner, in den obigen Darlegungen eine „prinzipielle" Homogenität des Wirkens bei allen den genannten Regulationen als möglich erwiesen zu haben. Das Homogene, das in allen diesen verschiedenen Fällen Gleichartige ist vertreten erstens durch die Tätigkeit des im Keimplasma der Körperzellen implizite repräsentierten „Ganzen", und zweitens durch die Bestimmung der speziellen Art dieser Verwendung durch die defekte oder sonst gestörte „Beschaffenheit des explizite, also in entwickeltem Zustande vorhandenen Stückes", somit durch die spezielle Art der Störung des Entwickelten, außerdem noch durch die Art der Eignung des Stückes zur Mittätigkeit bei diesen gestaltenden Beziehungen zwischen implizitem Ganzen und ihm. Diese Mittätigkeit des expliziten Teils wird wieder von den bei verschiedenen Tieren verschiedenen Arten der gestaltenden Beziehungen zwischen Ganzem und Teil, sowie zwischen Explizitem und Implizitem abhängig sein, wie sich dies durch die drei Modi der Regeneration bekundet.

Digitized by Google

Mit dieser prinzipiellen Ableitung dehnen wir den von E. Pflüger (Nr. 182) für die „Erhaltungsfunktionen" aufgestellten und annähernd erwiesenen aber noch teleologisch formulierten Satz: daß bei den Organismen jedes „Bedürfnis" auch die Ursache seiner „Befriedigung" enthält, auf die „Gestaltungsfunktionen" also auf die morphologischen Regulationen aus. Unter „Bedürfnis" wäre dabei das zur Selbsterhaltungsfähigkeit Erforderliche zu verstehen (s. Nr. 23a und 24). Aber wir haben diese teleologische Formulierung gar nicht mehr nötig, sondern haben die Möglichkeit im Prinzipiellen rein mechanistischer Bewirkung nachgewiesen..

134. Anm. zu Seite 86.

Entstehungsmöglichkeit der „dauernden" Immunität.

An der Herstellung der dauernden Immunität ist vielleicht neben Ehrlichs im Texte erwähntem Prinzip, welches zunächst die sofortige Immunität erklärt, noch das vor längerer Zeit (Nr. 2a, 1881 und Nr. 5, I. S. 235, 539, II. 232) von mir vermutungsweise zu diesem Zwecke und zur Erklärung der Gewöhnung an Gifte (z. B. an Arsen) herangezogene Prinzip der inneren Umzüchtung der Zellen und Isoplassonten (S. 112) im Organismus beteiligt. Dabei ist angenommen, daß, sofern das Individuum nicht stirbt, die gegen das betreffende Gift zu wenig widerstandsfähigen und daher von ihm zerstörten Zellen oder assimilierenden Zellbestandteile durch die Vermehrung der widerstandsfähigen Teile gleicher Art ersetzt werden, und daß diese neu gebildeten Teile die widerstandsfähigen Eigenschaften ihrer Eltern haben, so daß nun der ganze Organismus aus lauter widerstandsfähigen Teilen bestünde. Diese Annahme muß natürlich erst noch experimentell geprüft resp. erwiesen werden. Es könnten bei der Vergiftung auch wohl z. B. nur die älteren Zellen oder die den Kapillaren (von welchen aus das Gift in das Gewebe

Digitized by Google

eindringt) näher liegenden, also stärker betroffenen Zellen oder nur die Bestandteile, welche die Erhaltungsfunktionen vollziehen vom Gifte am stärksten geschädigt werden, wonach dann nicht die mit „vererblich widerstandsfähigeren Eigenschaften" versehenen Zellen, sondern nur die zur Zeit jüngeren, oder die von den Kapillaren entfernteren Zellen oder die typischen Regenerationsbestandteile der Zellen übrig blieben und ihrerseits das Zerstörte ersetzten. Dadurch würden also keine widerstandsfähigeren Qualitäten gezüchtet, wie ich dies früher bereits erwähnt habe (Nr. 5 Bd. I. S. 276, 652, 654, 657, 236 u. f.), ohne daß es den Verfassern der Schriften über Deszendenzlehre, die diese Möglichkeiten in letzter Zeit erwähnen (G. Wolff, C. Plate sowie Driesch u. a. s. Nr. 176—178) bekannt geworden ist. Doch könnten auch diese beiderlei Teilauslese-Prinzipien, das nicht züchtende Ehrlichs und das züchtende zugleich tätig sein. Eugen Schultz hat jüngst (Nr. 112a, S. 571) einige Beobachtungen dafür angeführt, daß bei chronischem Hunger nur die jüngeren Zellbestandteile übrig bleiben, so daß danach der Organismus durch Hunger nicht zu einer „Sparmaschine" umgezüchtet würde, wie ich seinerzeit eventualiter erörtert und vermutungsweise angenommen hatte. Ich arbeitete bei Annahme dieser Art der züchtenden Teilauslese mit dem Prinzipe der „morphologischen Selbstassimilation" der „differenzierten" Teile. Soweit es die Assimilation dieser Teile nicht gäbe (s. S. 128) würde die „Neuentwickelung" dieser Teile von Matrikulargebilden aus an ihre Stelle treten (S. 256) und die phylogenetische Produktion der Anpassungsqualität der Gewebe in der Züchtung diese Gewebsqualität produzierender Keimplasmaqualitäten bestehen (S. 257).

135. Anm. zu Seite 87. Darüber, daß ähnliche gestaltende Korrelationen auch beim typischen gestaltenden Geschehen aber ohne Regulationen beteiligt sein können, siehe S. 129 u. Nr. 133, S. 256; sowie a. Nr. 133b).

Digitized by Google

135a. Anm. zu Seite 88.

Mechanistische Eigenschaften des seelischen Geschehens.

Zum mechanistischen Geschehen ist auch das seelische und damit das zwecktätige Geschehen zu rechnen; denn jedenfalls ist alles geistige Geschehen „beständig" im naturwissenschaftlichen Sinne, das heißt, es würde unter (allerdings nie vorkommenden) ganz gleichen Verhältnissen stets in gleicher Weise verlaufen, es ist also „mechanistisch" im weiteren Sinne dieses Begriffes.

136. Anm. zu Seite 88.

Deshalb beteilige ich mich nicht an den jetzigen vielen Diskussionen über das Thema Mechanismus oder Autonomie des Lebensgeschehens. Nach meiner Auffassung der Autonomie der Lebensvorgänge (s. S. 17, 269) widersprechen beide Begriffe einander nicht. Da ich aber diese meine Auffassung nicht als „bewiesen", als absolut sicher hinstelle, so werden meine Ausführungen von beiden Seiten, von der mechanistischen wie von der teleologisch-vitalistischen Seite gewöhnlich übergangen. Denn nur extreme Parteiergreifung berechtigt und eignet sich zur Berücksichtigung in einem solchen die Extreme verteidigenden Kampf über in Wirklichkeit noch Unbekanntes.

137. Anm. zu Seite 89.

Mechanistische Entstehungs-Möglichkeit der Abstraktion.

Die phylogenetische Entstehung der seelischen Funktionen angehend, so liegt wenigstens nichts Sicheres dagegen vor, daß letztere nicht auch allmählich durch die im Organischen vorhandenen Kombinationen anorganischer Faktoren entstanden sein könnten und zwar, ohne daß bei dieser Annahme zum Panspychismus, zur Beseelung alles Naturgeschehens gegriffen werden müßte. Unsere jetzigen Begriffe von Atomen und Molekülen, die dem zu widersprechen scheinen, sind bloß willkürliche und nur einige, die sinnenfälligsten der Eigenschaften des Realen bezeichnende Symbole (Rechenpfennige, Al. Riehl Nr. 179). Weil wir aus diesen allein erfaßten Eigenschaften das Seelische Geschehen nicht ableiten können,

Digitized by Google

folgt noch nicht, daß die realen anorganischen Elementarteile zu ihrer Produktion unfähig seien.

Wir wissen nicht, was die Dinge an sich für Eigenschaften haben und auch nicht, was die anorganischen Gebilde in Wirklichkeit für elementare Eigenschaften haben müßten, um, ohne selber schon beseelt zu sein, durch die in der Struktur des Gehirns vorhandenen Kombinationen die seelischen Leistungen desselben zu ermöglichen. Die verbreitete, der Kausalität, dem quantitativen Bestimmtsein alles Geschehens widersprechende Annahme, daß das Psychische an sich keine Größe habe, halte auch ich für einen Grundirrtum, der durch die Erfahrung direkt widerlegt wird.

Die früher von mir geäußerte Annahme (Nr. 2a 1881 S. 233 oder Nr. 5. I. S. 414), daß das Gehirn eine Abstraktionsmaschine ist, welche erstaunlicher Weise von zwei oder mehr gleichzeitigen neuen oder wieder aufgefrischten Erregungen das ihnen Gemeinsame (wozu auch das ursächliche Bedingtsein gehört) irgendwie strukturell auszubilden vermag, stellt wohl eine Vorstufe zum Verständnis der Bildung des Bewußtseins im Allgemeinen und des Ichbegriffes im Besonderen, des letzteren als der allgemeinsten Abstraktion aus „allem" [vom Einzelwesen Erlebten dar. So wunderbar das Abstraktionsvermögen an sich ist, so ist es doch keineswegs in universeller Weise, sondern bei vielen Menschen nur in sehr „beschränkter Weise" vorhanden; es ist auch oft sehr langsam und unzureichend tätig und kann andererseits durch geeignete Tätigkeit des Körpers, z. B. durch reichliche körperliche Bewegung sehr gefördert werden; es ist also sehr von mechanistischen Bedingungen abhängig. Der vereinten Tätigkeit von Naturforschern und Philosophen wird es hoffentlich möglich werden, auch das seelische Geschehen in seiner großen Mannigfaltigkeit erheblich weiter als bisher aufzuklären.

Das seelische Geschehen erscheint uns, d. h. eben unserer Seele verständlich, ja von allem Geschehen am verständlichsten,

Digitized by Google

weil es mit dem Erkennenden homogen ist. Diese Art von Erkenntnis hat aber den Charakter einer Tautologie. Das Schwierigste ist es für unsere seelische Tätigkeit, das von ihrer eigenen Art erheblich abweichende, sogenannte rein materielle Geschehen zu verstehen, es in seiner Eigenart und in seinen Wirkungen zu erfassen. Daher ist es die nächstliegende, billigste und historisch älteste Erklärungsweise des Materiellen, die seelische Art des Geschehens (z. B. Liebe und Haß) mit Demokrit auf das materielle Geschehen zu übertragen, auch ihm geistige Qualitäten zuzuschreiben und auf diese Weise auch die höchste Art seiner Leistung, die Produktion des im Wechsel Dauerfähigen, des sogen. Zweckmäßigen von einem zwecktätigen Agens abzuleiten.

137 a. Anm. zu Seite 89.

Zweifelhafte Homogenität der Leistungen der „gestaltenden Seele".

Insofern diese „gestaltende Seele" „zweckmässig" handelt, wäre ihre Tätigkeit „homogen". Die Frage ist aber, ob das von den Vitalisten angenommene Vermögen zu den verschiedenartigen Verwendungsweisen ihrer gestaltenden „Mittel" im Lebewesen auch noch homogen und dem Kausalgesetze entsprechend wäre, besonders aber, ob sie überhaupt Realität hat. Daß die Annahme einer gestaltenden Seele im Organismus zur Zeit, d. h. bei dem gegenwärtigen Stande des Wissens und Nichtwissens „nicht nötig" ist, glaube ich oben ausreichend begründet zu haben.

138. Anm. zu Seite 89.

Teleologen.

Die Teleologen nehmen bewußt oder unbewußt an, die typischen zweckmäßigen, besser dauerfördernden Einrichtungen der Organismen wären in der Phylogenese auf kürzestem Wege, also als „direkte Anpassung" an jedes besondere „Bedürfnis" der Erhaltung entstanden und sie folgern, also sei auch ein direkt zwecktätiges Agens dazu nötig gewesen. Wir nehmen

Digitized by Google

dagegen als möglich an, diese dauerfördernden Gestaltungen seien phylogenetisch entweder als Einzelgestaltungen durch Übrigbleiben aus einer Reihe zufällig entstandener gestaltlicher Einzelvariationen erworben oder als direkt dauerfördernde Leistungen einer früher auf dieselbe Weise durch Selbstauslese gezüchteten allgemeinen gewebLichen Reaktionsqualität der im Texte (S. 81) geschilderten Art entstanden. Obschon beide Auffassungen nicht beweisbar sind, halte ich die von unserer Seite vertretene Auffassung deshalb für die wissenschaftlichere, weil sie nicht eine so unverständliche Qualität des Geschehens anzunehmen nötig hat, wie die teleologische Ableitung.

Der nach den einfachsten teleologischen Annahmen strebende Philosoph Ed. von Hartmann, glaubt (Preuss. Jahrb. Nr. 109, Sonderdruck S. 8), daß die „anorganischen Naturgesetze in den Organismen mit besonderen höheren, organischen, biologischen Naturgesetzen zusammenwirken, so daß das Gesamtergebnis ein anderes wird, als wenn erstere allein gewirkt hätten". Nach ihm „müssen bei der Entstehung der Organismen noch andere als die unorganischen Kräfte und Gesetze mitgewirkt haben. Es müssen dies nichtenergetische ordnende und leitende Kräfte gewesen sein, deren Wirkungsweise durch die Individualzwecke der zu schaffenden und geschaffenen Organismen geregelt wurde und sich in der aktiven Anpassung an die jeweilig gegebenen äußeren Umstände bekundete." (Die Gnosis s. Nr. 9, vom 10. Mai 1903). Von Hartmann glaubt ferner, „daß die Biologie mit den physikochemischen Forschungsmethoden das Wesen des Lebens überhaupt nicht erreichen kann, weil es in etwas zu suchen ist, was physiko-chemisch gar nicht auszudrücken ist." (Deutschland, Monatsschr. f. d. ges. Kultur. Mai 1904). Dem hier von mir durch gesperrten Druck Hervorgehobenen kann ich nicht zustimmen. Bezüglich der nicht passenden Fassung, daß Naturgesetze „wirken" siehe S. 146.

Digitized by Google

Dasjenige, was Ed. v. Hartmann sich unter „besonderen höheren, organischen Naturgesetzen" denkt und auch das, was J. Reinke wenig gut „Dominanten" nennt, scheint mir, soweit es richtig ist, dasselbe zu sein als das, was ich „komplexe Wirkungsweisen" genannt habe (s. S. 17). Diese sind rein mechanistischer Art im engeren Sinne und stellen doch von dem anorganischen Geschehen oft sehr abweichende Wirkungsweisen dar, Wirkungen zufolge deren z. B., um noch einige elementarste Beispiele anzuführen, das zum Leben nötige Wasser eines kleinen, viele Stunden lang in der Sonne fliegenden Insekts nicht verdampft, obschon nach dem plötzlich elektrisch bewirkten Tode des Tierchens die Eintrocknung desselben in sehr kurzer Zeit geschieht (wohl weil dieses Wasser mit dem Tode erst als solches frei wird) oder zufolge deren die Salze des Eies vom lebenden Süßwasserfische im Wasser nicht herausdiffundieren, oder das Eisen im Hämoglobin (selbst des toten Blutes) nicht durch Schwefelwasserstoff gefällt wird.

Was Driesch angeht, so ist bei unserer Opposition gegen ihn als Teleologen andererseits zu würdigen, daß dieser Forscher seine teleologischen Hypothesen vielfach in scharfsinniger Weise zu Experimenten verwertet und durch deren wichtige Ergebnisse die entwickelungsmechanische Forschung sehr gefördert hat.

Soweit ferner die Teleologen sich bestreben, die nach ihrer Meinung nötigen teleologischen Minimalleistungen aufzufinden und diese wieder auf „einfachstes, elementares teleologisches Geschehen" zurückzuführen, kommen sie immerhin unseren Bestrebungen, das Gebiet des rein mechanistischen Geschehens für unsere Erkenntnis möglichst auszudehnen, in gewissem Sinne entgegen. Das getrennt Marschieren und vereint Schlagen ist auch hier von Nutzen. Den verbliebenen, uns scheidenden kleinsten und einfachsten Rest teleologischer Wirkungsweisen werden die Nachkommen von beiden Seiten her weiter angreifen, in langen Zeiträumen all-

Digitized by Google

mählich verkleinern und hoffentlich durch Auflößung in rein mechanistisches Geschehen wenigstens prinzipiell beseitigen.

139. Spencer, Herb., Die Prinzipien der Biologie. Deutsch von B. Vetter. 1877.

Hirth, Georg, Energetische Epigenesis und epigenetische Energieformen. Eine Programmschrift für Naturforscher und Ärzte. 1898. München. 218 S.

Hirth, G., Entropie der Keimsysteme und erbliche Entlastung. München. 1900. 175 S.

Diese beiden Arbeiten enthalten, in etwas eigentümliche Sprache gekleidet, manchen weiterer Prüfung werten Gedanken. Statt „Energiehunger" will der Autor jetzt die objektivere Bezeichnung „spezifische Attraktion für Energie" für das von ihm eingeführte Prinzip verwenden (briefl. Mitteilung).

140. Krzymowski, Rich., Das Wesen der Urzeugung. Die Natur. Zeitschr. 1897. Nr. 19 u. 20. Halle a. S. Auch in: Das Wesen der Urzeugung, in: Kleine Abhandlungen aus dem Gebiete der Landwirtschaft und Naturwissenschaft. Ludwigsburg. 1900.

Sclater, Gustav, Biologisches Zentralblatt. 1899.

Schmidt, Heinr., Die Urzeugung. Odenkirchen, 1903. 48 S.

von Hartmann, Ed., Das Verhältnis des Organischen und Unorganischen zueinander. Die Gnosis. Zeitschr. 1903. Nr. 9.

141. v. Königsborn, Nathusius, Über nicht zelluläre Organismen. 1877.

Derselbe, Über die Gestaltungsursachen der Haare, der Eischalen, der Molluskenschalen und der Harting'schen Körperchen Ein Beitrag zum Programm der Entwickelungsmechanik. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 6. 1898.

Biedermann, W., Geformte Sekrete. Zeitschr. f. allgem. Physiologie. Bd. 2. 1903.

142. Triepel, Herm., Architekturen der Spongiosa bei abnormer Beanspruchung der Knochen. Anatom. Hefte, Heft 75, 1904.

143. Kathariner, L., Schwerkraftwirkung oder Selbstdifferenzierung. Arch. f. Entw.-mech. 1904. Bd. 18.

Morgan, T. H., The Dispensability of the constant action of gravity and of a centrifugal force in the development of the toad's egg. Anatom. Anz. 1904. Bd. 25.

144. Roux, W., Diskussion zur Granulalehre. Verh. d. anat. Ges. zu Wien. 1892.

145. Dreyer, Fr., Ziele und Wege biologischer Forschung beleuchtet an der Hand einer Gerüstbildungsmechanik. 1892.

Digitized by Google

Derselbe, Studien zur Methodenlehre und Erkenntniskritik. Leipzig. 1895.

146. Albrecht, Eugen, Vorfragen der Biologie. Wiesbaden. 1899.
Reinke, J., Einleitung in die theoretische Biologie. 1901. 637 S.

147. Driesch, H., Die organischen Regulationen. 228 S. 1901.
Derselbe, Zwei Beweise für die Autonomie von Lebensvorgängen. Verhandl. d. V. internation. Zool. Kongr. zu Berlin 1901. Sep.-Abdruck. S. 8.

148. Klebs, Georg, Über Probleme der Entwickelung. II. Allgemeines über den Entwickelungsgang. Biolog. Zentralbl. Bd. 24. Nr. 9. 1904. S. 298.

149. Hertwig, Rich., Die Protozoen und die Zelltheorie. Arch. f. Protistenkunde I. 1902.
Goldschmidt, Rich., Der Chromidialapparat lebhaft fungierender Gewebszellen. Zool. Jahrb., anat. Abt. Bd. 21. 1904. 128. S. 40—133.

150. Barfurth, D., Versuche zur funktionellen Anpassung. Arch. f. mikrosk. Anat. 1891. Bd. 37.

151. Bütschli, O., Untersuchungen über Strukturen. Leipzig 1898 mit Atlas von 26 Tafeln. 1898. Übrige Literatur siehe in:
Derselbe, Meine Ansicht über die Struktur des Protoplasmas und einige ihrer Kritiker. Arch. f. Entw.-mech. 11. 1901.

152. Preyer, W., Spezielle Physiologie des Embryo. Leipzig 1885.

153. Schaper, Alfr., Beiträge zur Analyse des tierischen Wachstums. I Quellen, Modus und Lokalisation des Wachstums. Arch. f. Entw. mech. Bd. 14. 1902.

154. Auerbach, Leop., Organologische Studien. 1874.

155. Ziegler, Heinr. E., Untersuchungen über die ersten Entwickelungsvorgänge der Nematoden. Zugleich ein Beitrag zur Zellenlehre. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 60. 1895.
Derselbe, Experimentelle Studien über Zellteilung. Arch. f. Entw.-mech. Bd. 6 u. 7. 1898. Bd. 16. 1903.

156. Röthig, Paul, Handbuch der embryologischen Technik. 1904. Zur Ergänzung siehe Roux Nr. 5, II. S. 1061.

157. Morgan, T. H., The Relation Betwen Normal and Abnormal. Development of the Embryo of the Frog. Arch. f. Entw.-mech. Bd. 19. 1905.
Ziegler, Kurt, Zur Postgenerationsfrage. Anat. Hefte. 41. 1901.
Hertwig, Rich., Der Furchungsprozess in: Hdb. d. Entw.-gesch. d. Wirbeltiere 1903.

Digitized by Google

158. Spencer, Herb., Die Prinzipien der Biologie. Deutsch von B. Vetter. 2 Bde. 1876 u. 1877.

Wolff, Gust., Siehe Nr. 163. S. 62.

159. Über die funktionelle Bedeutung der eigenen Struktur der „statischen Elementarteile" der Knochen siehe die subtilen Untersuchungen von W. Gebhardt im Arch. f. Entw.-mech. Bd. 11, 12, 16.

160. v. Bär, K. E., Die Metamorphose des Eies der Batrachier. Müller's Arch. f. Anat. u. Physiol. 1834. S. 499.

161. Crampton, H. E., Experimental Studies on Gasteropod Development. Arch. f. Entw.-mech. III. 1896.

162. Hertwig, O., Über den Wert der ersten Furchungszellen für die Organbildung des Embryo. Arch. f. mikr. Anat. 42. 1893.

163. Wolff, Gust., Beiträge zur Kritik der Darwin'schen Lehre. 1898. S. 63.

164. Morgan, T. H., Half-Embryos and Whole-Embryos from one of the first two Blastomeres of the Frog's Egg. Anatom. Anz. IX. Bd. 1895.

165. Wetzel, Über die Bedeutung der zirkulären Furche in der Entwickelung der Schultze'schen Doppelbildungen von Rana fusca. Arch. f. mikr. Anat. 46. 1896.

166. Heider, K., in: Lehrb. d. vergleichd. Entw.-Gesch. d. Wirbellosen von Korschelt und Heider. Allgem. Teil 1902.

167. Hertwig, Rich., Der Furchungsprozess. Hdb. d. Entw.-Gesch. d. Wirbeltiere. 1903.

168. Maas, Otto, Einführung in die experimentelle Entwickelungsgeschichte, Entwickelungsmechanik. 1903.

169. Driesch, Resultate und Probleme der Entwickelungsphysiologie der Tiere. Referat in Ergebn. d. Anat. u. Entw.-Gesch. 1898.

170. Derselbe, Neue Antworten und neue Fragen auf dem Gebiete der Entwickelungsphysiologie. Ebenda 1901.

171. Moskowsky, M. Über die Wirkung der Schwerkraft auf die Entstehung und Erhaltung des bilateral symmetrischen Aufbaues des Froscheies. Arch. f. mikr. Anat. 60, 61. 1902. Siehe dazu Nr. 56 und 42.

172. Boveri, Th., Ergebnisse über die Konstitution der chromatischen Substanz des Zellkerns. Jena 1904.

173. Roux, W., Über richtende und qualitative Wechselwirkungen zwischen Zellleib und Zellkern. Zool. Anzeiger 1893. Nr. 432. Vervollständigt in Nr. 5. II. S. 927 u. f.

174. Chun, Eröffnungsrede zur 12. Jahresver. der Deutsch. zool. Ges. 1902. Verhandlungen S. 7.

Digitized by Google

175. Driesch, H., Ergebnisse der neueren Lebensforschung. Politisch anthropologische Revue. II. 1904. Heft 10.

176. Wolff, Gust., Der gegenwärtige Stand des Darwinismus. 1896.

Derselbe, Beiträge zur Kritik der Darwinschen Lehre. Gesam. und vermehrte Abhandlungen. 1898.

Derselbe, Beiträge zur Kritik der Darwinschen Lehre. Biolog. Zentralbl. X, 1900.

Derselbe, Mechanismus und Vitalismus. Leipzig 1902.

177. Driesch, H., Kritisches und Polemisches. Biol. Zentralbl. 1902 und 1903.

178. Plate, C., Bedeutung und Tragweite des Darwinschen Selektionsprinzips. 1900.

179. Riehl, Al., Zur Einführung in die Philosophie der Gegenwart. 1903.

180. Stolc, Antonin, Versuche, die Frage betreffend, ob sich auf ungeschlechtlichem Wege die durch mechanischen Eingriff oder das Milieu erworbenen Eigenschaften vererben. Arch. f. Entw.-mech. Bd. 15, 1903.

181. Beneke, R., Wachstumsbedingungen; Ber. üb. die 13. Vers. der Medizinalpersonen des Herzogtums Braunschweig. 1890.

Derselbe, Zur Histologie der fötalen Mamma und der gutartigen Mammatumoren. Festschr. für Prof. Orth. 1903. Sowie Arch. f. Entw.-mech. Bd. 16, 1903.

182. Pflüger, E. F. W., Die teleologische Mechanik der lebendigen Natur. Bonn 1877.

Hasse, C., Morphologie und Heilkunde. Leipzig 1879.

Weiterhin siehe

Quincke, Über Protoplasmabewegung. Biol. Zentralbl. Bd. 8 1888. S. 499.

Quincke, G., Über periodische Ausbreitung von Flüssigkeitsoberflächen und dadurch hervorgerufene Bewegungserscheinungen. Annalen der Physik und Chemie. 1888. Bd. 35.

Rhumbler, L., Physikalische Analyse von Lebenserscheinungen der Zelle. I Bewegung, Nahrungsaufnahme, Defäkation, Vakuolen-Pulsation und Gehäusebau bei lobosen Rhizopoden. Arch. f. Entw.-mech. Bd. 7. 1898. Bd. 9. 1899.

Rhumbler, L., Allgemeine Zellmechanik. Ergebn. d. Anat. u. Entw.-Gesch. Bd. VIII. 1898.

Herlitzka, Amedeo., Contributo allo studio della capacità evolutiva dei due primi blastomeri nell' uovo di tritone (triton cristatus). Arch. f. Entw.-mech. Bd. 2. 1895. Bd. 4. 1896.

Digitized by Google

Boveri, Th., Über den Einfluß der Samenzelle auf die Larvencharaktere der Echiniden. Arch. f. Entw.-mech. Bd. 16. 1903.

Lillie, Fr. R., Differentiation without Cleavage in the Egg of the Annelid Chaetopterus pergamentaceus. Arch. f. Entw.-mech. 14. 1902.

Child, C. M., Studies on Regulation. I—VIII. Arch. f. Entw.-mech. Bd. 15—19, 1902—1903. Journ. Exper. Zool. I. 1904.

Tornier, G., Das Entstehen der Gelenkformen. Arch. f. Entw.-mech. I. 1894.

Spemann, Hans, Entwickelungsphysiologische Studien am Triton-Ei. Arch. f. Entw.-mech. Bd. 12. 1901. Bd. 15. 1902. Bd. 16. 1903.

Garbowsky, Thaddäus, Über Blastomerentransplantation bei Seeigeln. Extrait du Bulletin de L'Académie des Sciences de Cracovie. 1904.

Tornier, G., Über Hyperdactylie, Regeneration und Vererbung mit Experimenten. Arch. f. Entw.-mech. Bd. 3. 1895.

Wolff, Gustav, Entwickelungsphysiologische Studien. I. Die Regeneration der Urodelenlinse. Arch. f. Entw.-mech. Bd. 1. 1894. Bd. 12. 1901.

Conklin, Edw. G., The Cause of Inverse Symmetry. Anat. Anz. Bd. 23. 1903.

Child, Ch. M., Studies on Regulation I. Fission and Regulation in Stenostoma. Parts I and II. Arch. f. Entw.-mech. Bd. 15. 1902.

Stevens, N. M., Experimental Studies on Eggs of Echinus microtuberculatus. Arch. f. Entw.-mech. d. Organismen. Bd. XIV. 1902.

Straßen, O. zur, Über die Mechanik der Epithelbildung. Verh. d. Deutsch. Zool. Ges. 1903. S. 91—112.

183. Anm. zu Seite 212. Die Pathologen gebrauchen für die schon lange von ihnen gemachte Unterscheidung des „besonderen gestaltlichen Leistungsvermögens" von Zellen die (NB. nicht richtig gebildeten) Wörter Specifität und Specificität, welche aber nur die „Bildung" dieses Vermögens bezeichnen. Barfurth schlug statt ihrer daher die korrekte Bezeichnung Specietät vor (Ergebn. d. Anat. u. Entw.-gesch. 1897, S. 515). Die Tätigkeit des Verschiedenmachens oder werdens ist aber auch fernerhin als spezifizieren zu bezeichnen.

Digitized by Google

Sonstige Literatur allgemeineren Inhalts.

Albrecht, Eugen, Entwickelungsmechanische Fragen der Geschwulstlehre. Verhandl. d. Deutsch. Pathol. Ges. zu Breslau. 1904. S. 89—103.

Barfurth, Dietr., Die Forschungsrichtungen der Anatomie. Rektoratsrede. Rostock 1903. 26 S.

Dantec, Felix, Le Traité de Biologie. Paris 1903.

Delage, Yves, La structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale. Paris 1896.

Delage, Yves, La Fécondation Mérogonique et sur une Théorie Nouvelle de la Fécondation Normale. — Arch. de Zoologie Expérimentale. 1899.

Ducceschi, Virgilis, Evoluzione morfologica ed evoluzione chimica. Bologna 1904.

Fischel, Alfred, Experimentelle Teratologie. Verhandl. d. deutschen Pathologischen Ges. V. S. 256—354.

Gerlach, Leo, Die anatomisch-histologische Technik des neunzehnten Jahrhunderts und ihre Bedeutung für die Morphologie. Erlangen 1904. Rektoratsrede.

Heider, Karl, Über historische und kausale Betrachtung in der Erforschung der Organismen. Rektoratsrede 1905. 33 S.

Holmes, Samuel, J., The Problem of Form Regulation. Arch. f. Entw.-mech. 17. 1904. S. 265—305.

Kassowitz, Allgemeine Biologie. 2 Bde. Wien 1899.

Derselbe, Die Einheit der Lebenserscheinungen. Wien 1899.

Labbé, Alphonse, La Cytologie expérimentale. Paris 1898. 182 S.

Löb, Jacques, Studies in General Physiology. 2 Parts. Chicago 1904.

Maas, Otto, Einführung in die experimentelle Entwickelungsgeschichte (Entwickelungsmechanik). Wiesbaden 1903. 200 S.

Mantia, Pietro, Dinamogenismo cellulare: L' eredità e l' origine delle specie. II ediz. 1902. Palermo.

Montgomery, Edm., The vitality and organization of protoplasm. Austin. 1904.

Morgan, Thom. Hunt., Die Entwickelung des Frosches, eine Einleitung in die experimentelle Embryologie. Übersetzt von B. Solger. Leipzig. 1904. 290 S.

Pommer, Gust., Die Bedeutung der Funktion für die Erklärung in der neueren Pathologie. Rektoratsrede; Innsbruck 1902. 55 S.

Przibram, Hans, Einleitung in die experimentelle Morphologie der Tiere; Wien 1904.

Digitized by Google

Reinke, Friedr., Grundzüge der allgemeinen Anatomie. Wiesbaden 1901. 339 S.

Rhumbler, L., Zellenmechanik und Zellenleben. Vortr. geh. auf d. Vers. Deutsch. Naturf. 1904. Leipzig. 43 S.

Semon, Rich., Die Mneme als erhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens. Leipzig 1904.

Strasser, H., Regeneration und Entwickelung. Rektoratsrede. Jena. 1899.

Giglio-Tos., Erm., Les problèmes de la vie. Cagliari 1900 u. 1903.

Verworn, Max, Naturwissenschaft und Weltanschauung. Rede. Leipzig. 1904. 48 S.

Derselbe, Die Biogenhypothese. Jena 1903.

Vial, L. Ch. Em., Mécanisme et Dynamisme, loi fonctionelle de la création. Paris 1901.

de Vries, Hugo, Mutation und die Mutationsperioden bei der Entstehung der Arten. Vortrag, Leipzig, 1901.

Wasmann, Erich, Die moderne Biologie und die Entwickelungstheorie. Freiburg 1904.

Wiesner, J., Die Elementarstruktur uud das Wachstum der lebenden Substanz. Wien 1892.

Wiesner, J., Die Beziehungen der Pflanzenphysiologie zu anderen Wissenschaften. Inaug.-Rede. Wien, 1898.

Wilson, Edm. B., Amphioxus and the Mosaic Theory of Development. Journal of Morphology. Vol. VIII. Nr. 3. 1893.

Derselbe, The Cell in Development and Inheritance 2. Aufl. 1900.

CORRIGENDA.

Seite	6	Zeile	17	von oben ist statt „seiner“ zu lesen: reiner.
„	6	„	8	von unten ist „oft“ zu entfernen.
„	6	„	5	von unten ist „die“ zu entfernen.
„	7	„	18	von oben ist statt „Resultate“ zu lesen: Resultante.
„	9	„	17	von oben ist statt „alleintierische“ zu lesen: allein die tierische.
„	14	„	13	von unten ist zu ändern in: daß aus der „Beobachtung“ des typischen Entwickelungsgeschehens.
„	14	„	1	von unten ist statt „[3])“ zu lesen: [23]).
„	15	„	10	von oben ist zu ergänzen auf: in „die Wirkungen“ seiner eventuellen Faktoren.
„	15	„	2	von unten ist statt „die terminierenden Ursachen“ zu lesen: determinierenden Ursachen.
„	15	„	1	von unten ist statt „Dazu kommen“ zu lesen: Dazu gehören.

Digitized by Google

Seite 16 Zeile 10 von unten ist zu ergänzen auf: „beständigen und zugleich in sich homogenen Wirkungsweisen".

„ 23 „ 13 von oben statt „[38])" ließ „[33])".

„ 31 „ 6 von unten ist statt „in Anpassung an sie" zu setzen: in Abhängigkeit von ihr.

„ 40 „ 14 von oben ist statt Nr. 46 zu setzen: Nr. 79.

„ 43 „ 1 von unten ist einzufügen: (Nr. 79).

„ 44 „ 16 von unten hinter Selbstdifferenzierung ist einzuschalten: genauer Selbstdetermination. (NB. Dies kann fast immer im Texte genauer statt Selbstdifferenzierung gesetzt werden.)

„ 52 „ 8 von unten: s. 127 ist zu entfernen.

„ 58 „ 14 von oben statt 233 ließ 223.

„ 62 „ 6 von unten die Worte: (funktionelle Implantation) gehören an das Ende der Zeile.

„ 67 „ 14 von oben nach „hergestellten" ist einzuschalten: und von uns isolierten.

„ 68 „ 8 von unten statt [125]) ließ [123]).

„ 71 „ 11 von oben statt Selbstdifferenzierung ließ Selbstdetermination.

„ 73 „ 12 von unten statt „oben" ließ: unten (S. 246, 251).

„ 101 „ 13 von oben nach Evolution ist einzuschalten (Praeformation).

„ 103 „ 13 von unten statt Nr. 42 ließ: Seite 240.

„ 104 „ 2 von unten ist von: Hier bis Schluß zu eliminieren.

„ 135 „ 11 von oben ist: etwa zu entfernen.

„ 143 „ 14 von oben nach größten ist einzuschalten: z. B.

„ 176 „ 15 von oben statt: abnorm, lies atypisch.

„ 207 „ 21 von oben ist am Ende einzufügen: also auch nur für Teile, welche der Selbstdifferenzierung unterliegen.

„ 212 „ 2 von oben: Nach Barfurth ist einzuschalten: (s. Nr. 183).

„ 212 „ 6 von oben ist statt die zu lesen: diese.

„ 213 „ 7 **ist als Zeile 4 zu lesen,** und in ihr sind die Worte: muß sie zu vertauschen, somit ist zu lesen: sie muß daher.

„ 227 „ 18 statt Lebewesen lies Lebewesens.

„ 233 „ 10 von oben, statt beim Frosche lies: im Froschei.

„ 235 „ 4 von unten, nach Selbstdifferenzierung ist einzuschalten: resp. differenzierende Einwirkung auf andere.

„ 238 „ 22 von oben statt angelernten lies: angelernte.

„ 242 „ 11 von unten statt Diese lies: Die.

„ 243 „ 15 von oben statt phylogenetische lies: genetische.

„ 244 „ 8 von unten statt praexistierender lies: praeformierter.

„ 259 „ 4 von oben statt trüge lies: trügen.

„ 263 „ 13 von oben statt Entstehung lies Entstehungsmöglichkeit.

„ 265 „ 15 von oben statt (S. 17, 268) lies: (S. 17, 174, 269).

Digitized by Google

Sachregister.

Abhängige Differenzierung 72, 181, siehe auch Wechselwirkung.

Abnorm 40, 183.

Abstraktion, mechanistische Entstehungsmöglichkeit 265.

Abweichungen von der Regel 36, 38.

Allotropismus 214, Nr. 106.

Alterationsursachen 39, 174.

Analyse der Entwickelung, ursächliche 5, gestaltliche 8, fehlende 166, unzureichende 205.

Anpassung, komplexe an Deformation 191.

— funktionelle, ihre Erklärung 79, 257, als Entwickelungsperiode 95; A. der Knochen 168, der Blutgefässe 219, Theorie 255.

— A., als wesentliche Eigenschaft der Lebewesen 225.

Antitoxine, Erklärung ihrer Bildung 84.

Anziehung durch Abstoßungswirken 233.

Atome, ihre unzulängliche Charakterisierung 265.

Assimilation, ihre Leistung für die Vererbung 108, chemische 116, 119, morphologische 118, 119, 256, Einschränkung ihres Vorkommens 128, 258.

Atypisches, Definition 182, 40.

Aufgabe, unsere, 4, 19, 27, ihre verschiedenen Formulierungen 141, siehe auch Wirkungsweisen.

Ausführungsursachen siehe Realisationsursachen.

Auslösung 40, 181, elektive 185.

Automerizon 115.

Autonomie des organischen Wirkens 17. 88, 174, 268.

Bedingung 39, 173, 175, inaktive 42.

Befruchtung, willkürlich lokalisierte 35, 160, ihre die Richtung bestimmende Wirkung 36.

Beständigkeit des Wirkens 154, des Vorkommens 154.

Bestimmung s. Determination.

Bindesubstanzen, ihre Differenzierungsursachen 100, 256.

Biogen 112.

Biogenetisches Gesetz 253.

Borsäure, gestaltende Wirkung 216.

Biomechanik 156.

Chemische Reagentien, gestaltende Wirkungen 57, 216.

Componenten 15, 135.

Constanz der Arten, Ursache 129, 243.

Cytotropismus 61.

Dauerfähigkeit statt Zweckmäßigkeit 77, 254; ihre Entstehung 81, 267.

Defektversuche am Ei 47, 48, 53, 204.

Digitized by Google

Deformation des Eies, ihre Wirkung auf die Entwickelung 46, 71; D. des Embryo, Anpassung an sie 191.
Deskription 4 u. f.; als Unterlage kausaler Folgerungen 104.
Deskriptive Ergebnisse, ihre beschränkte ursächliche Verwertbarkeit 197.
Determination 31, implizite 31, explizite 31, D.-sfaktoren 39, 41; die Ursachen der typischen D, liegen im Ei 43, 183, Arten der D. 206, regulatorische 208.
— vom Ganzen auf die Teile 92, 209, doppelte D. zur Sicherung 108, 243; sukzessive D. 244.
Determinationsbezirke, allmählich kleinere 209.
Determinationssystem, geschlossenes 183.
Determinationsursachen 172.
Differenzierung, Arten derselben 179, abhängige 181, passive 181, wechselseitige 181, einseitige 181, gemischte 182; D. abhängig von der Lage 213. Siehe a. Selbstdifferenzierung.
Dimensionales Wachstum 188.
Doppelbildungen 68, 71, 79, 197, 234.
Dotteranordnung, ihre gestaltende Wirkung 37, 67, 68, 74, 233, 234; ihre determinierende Wirkung 162.
Einfachheit der Ableitung 93, 250.
Einschränkung, mechanistische der Regulationen 79, der Seele 88, 266.
Einwirkung 41, äußere 185.
— differenzierende 195.
Eirinde, Unabhängigkeit der Entwickelung von ihr 177.
Eistücke, Entwickelung derselben 232.
Embryo, seine reelle Stellung im Froschei 159, Lage z. Urmund 159.
Embryonalanalyse des Kerns 239.
Embryologie, experimentelle 27, 249.
Entelechie 86, 256, 261.
Entwickelung 2, typische 28, 40, 182, 241, 243, atypische: 28, 40, 182, normale, abnorme 28, 40.
— unter Selbstdifferenzierung 69, 98, 242; durch Einwirkung des Ganzen 69, durch totale Wechselwirkung 99, 242, 244.
Entwickelungsbedingung: 39, 173, 175, inaktive 42.
Entwickelungsgeschichte: deskriptive 4, kausal-analytische 5.
Entwickelungsmechanik. Aufgabe 4, 19, 27, der Name 26, 156; allgemeine E. 27, 29, spezielle 29, 243.
Entwickelungsmodell aus Brodteigkugeln 99. Determination in ihm 175, 207.
Entwickelungsphysiologie 156.
Epigenesis 3, 13, 101, 244.
Erklärbarkeit, mechanistische: der funktionellen Anpassung 81, 257, der Regulationen überhaupt 84, 260.
Erschlossenes, Notwendigkeit einer direkten Prüfung 160, beschränkte Gültigkeit 196.
Experiment, deskriptives 21, 147, Arten 245, formalanalytisches 27, kausal-analytisches 27, unbestimmtes 27, blindes 27, 245.
— Verwendung für die typische Entwickelung 249.
— anorganisches, zur Deutung organischen Gestaltens 60, 218.
— nötige Combination verschiedenartiger Experimente, 73, 251, 246.

Digitized by Google

Explikation 158, 173
Evolution (Präformation) 2, 13, 101, 245.
Faktoren, 15, 135, verschiedene Arten derselben 137, körperliche F. 139, 174.
Feld, graues am Froschei 35, 167, 177.
Flamme, ihre Leistungen als Isoplasson 109, 121, Kampf der Fln 219.
Forschungsmethode siehe Methoden.
Framboisie 216.
Funktionen: Gestaltungsfunktionen und Erhaltungsfunktionen 26, 106, 155.
Funktionelle Anpassung, s. Anpassung.
Funktionelle Gestaltung 95, Periode derselben 95.
Furchung, Nachahmung an Öltropfen 220.
Furchungsmosaik, seine entwickelungsmechanische Bedeutung 237, 59, 67.
Furchungszellen, ihr entwickelungsmechanisches Vermögen 49, 67, ihre Mehrleistung 232.
Gesamtpolarisation des geteilten Eies 72, 210.
Generaldetermination 207.
Gesetz 19, 22; Unterschied von Regel 23; unrichtige Anwendung des Wortes 145; G.-e. „wirken" nicht 133, 146; Biogenetisches G. 253.
Gestaltungsvermögen, Arten desselben 195, 235, s. a. Specietät.
Gewöhnung an Gifte 263.
Gummimodelle für Trajektorien 219.
Halbeigestalt, ihre Wirkung für die Entwickelung 233.
Harmonie, funktionelle 95, prästabilierte 127.
Harmonisch-äquipotentielles System 260.
Hauptrichtungen des Embryo im Ei; Zeit ihrer typischen Bestimmung 32; Ursache 34; Bestimmung durch die Kopulationsrichtung 35; Wirkung der Dotteranordnung 37.
Hemiembryo des Frosches 49, 67; Ursache 233.
Homogenität der gestaltenden Regulationen 262; des Seelischen 264, 267.
Homotropismus 214, Nr. 106.
Identität, angebliche von Ursache und Wirken 132; I. von Zweckmäßigkeit und Dauerfähigkeit 77, 254.
Idioplasson 117.
Induktion, differenzierende 195.
Immunität, dauernde, ihre Ursache 86, 263.
Implantation, funktionelle 224.
Implikation 147, 157, 173, 218.
Implizites, seine Korrelationen mit Explizitem 84, 87, 258.
Intraelektrolytäres Verhalten der Eier 72, 210.
Isoplasson 112, Oxydations-, Reduktions- I. 150.
Keimplasma 124, 153, Kontinuität desselben 147, somatisches 218, 260.
Keimplasson 23, 153.
Kern, determinierende Wirkung 125, 163, 239.
Kernteilung, indirekte, 124, 126, 163, 239, 240.
Kernspindel, Ursache ihrer Richtung 179, 192.
Kluft zwischen deskriptiver und kausaler Forschung 245.
Knochenstruktur, funktionelle 167, 219.
Kombination, nötige, verschiedenartiger Versuche 73, 246, 251.

Digitized by Google

Komponenten 15, 135, Arten derselben 139.
Korrelationen, gestaltende 143; zwischen Entwickeltem und Implizitem 84, 87, 258.
Korrelationen durch Wachstum und Stauung 99.
Kräfte, gestaltende 143.
Lage der Zellen, ihre Bedeutung für die Differenzierung 213.
Leben, Wesen desselben 105.
Linse, des Auges, Ursachen 214, angeblich funktionelle Struktur 214.
Luft, ihre realisierende Wirkung 41.
Luxusteleologie 89.
Massenwachstum 188.
Matrikularbildungen 128, 256.
Mechanisierung, feste, der Entwickelung 79.
Medianebene, ihre künstliche Bestimmung 35, 161, 178.
Medullarplatte, ihre Selbstbiegung 45, 187.
Merogonie 59.
Metastrukturen 105.
Methoden der ursächlichen entwickelungsgeschichtlichen Forschung 13, siehe a. Experiment.
Mittel der Ontogenese 175.
Mosaik der Furchung, Bedeutung 237.
Mosaikarbeit 50, s. Selbstdifferenzierung.
Nachbestimmung 98, 209, 241.
Nachdetermination 98, 209, 241.
Nase, künstliche Teleoskopform 216.
Naturalismus 156.
Naturgesetz 22, sie „wirken" nicht 135, 146, 268.
Nebenursachen, nötige 39.
Neoepigenesis 13, 101.
Neoevolutio (Präformation) 101.
Norm siehe Regel.
Normal 40, 183.
Nutzen, Nichtnötigsein desselben 123.
Ort der Ursachen 39, 41, 200.
Ortsforschung des Wirkens 63; Historisches 200.
Ortsfaktoren 137.
Orthopädie, funktionelle 192.
Panspychismus 265.
Parthenogenesis, künstliche 58.
Partialdetermination 207.
Perioden der individuellen Entwickelung 8, 94.
Phylogenesis der Entwickelungsarten 243; Ph. ist die Ursache der Ontogenesis 253.
— der Gewebsqualität der funktionellen Anpassung 258, 264; der Regeneration 260; des Zweckmäßigen 268.
Pigmentumarbeitung in der Eirinde 167, 194.
Potenz, entwickelungsmechanische 49, 195; typische und atypische 235; prospektive 235.
— von Teilen 49.
Postdetermination 98, 209, 241.
Postgeneration 65, 227, 239; ist erwiesen 240.
— fehlt beim Säuger 196.
Präformation siehe Evolution.
Prinzip der organbildenden Keimbezirke, seine kausale Bedeutung 51; der allmählich kleineren Determinationsbezirke 209, 98.
Probiologie 22, 149.
Probionten 115.
Proontogenesis 23, 152.
Prospektive Potenz 234, p. Bedeutung 234.
Protoplasma, gestaltende Bedeutung 240; s. a. Dotteranordnung; epigenetische Bedeutung 245.
Qualitätenforschung 63.
Reaktion, gestaltende 216.

Digitized by Google

Reaktionsfähigkeit, mehrfache 185; elektrische, nach der Gestalt, künstliche 220.
Realisationsursachen oder Ausführungsursachen 39, 172, 174, 180, 139.
Realisationsfaktoren 139.
Regel 22, Unterschied von Gesetz 23; R. des Vorkommens 146.
Regeneration 65, 259, 260; Arten derselben 83; ihre Erklärung 83.
— Entstehung ihrer Arten 260.
— Selbstdifferenzierung bei der R., 259.
Regulation 66, 74, 76 u. f., 84, 86, 106, 129, 240, 242, s. Regeneration, Anpassung, Bedeutung der R. für die Konstanz der Arten 243; Fehlerhaftigkeit der R. 78, 262; ihre Homogenität 262; organische R. ist Selbstregulation: s. diese.
Regulationsursachen 40.
Reize, gestaltende 57, 215.
Reizwirkung, Charakteristik 215.
Reservekeimplasma 83, s. a. Vollkeimplasma.
Schwerkraft ihre determinierende Wirkung 42, 178, 180; Variabilität 176, 178; Nichtnötigsein derselben 177.
Seele, künstliche Veranlassung zur Bildung von zwei Seelen statt einer 70; gestaltende Leistungen der S. im Organismus 88, 267.
Seelisches Geschehen, mechanistische Eigenschaft 265.
Selbstassimilation, analytische gibt es nicht 119.
Selbstkopulation von Tropfen, künstliche 151, 221.
Selbstdetermination 108, 180, 199.
Selbstdifferenzierung 44, 50, 71, 72, 241, 244; Arten der S. 180, 195; S. geschieht durch abhängige Differenzierung 182; S. bei der Regeneration 259.
Selbstgestaltung des Zweckmäßigen 82.
Selbstleistung alles zur Erhaltung Nötigen 106.
Selbstlöhnung, der Arbeitsgröße entsprechende 168.
Selbstspezifikation 212.
Selbstregulationen 76—86, 106, 115; morphologische S. 129; Mängel derselben 78; Erklärung derselben 86.
— als Grundeigenschaft der Lebewesen 225.
— nicht nötig zum Typischen 183; ihre spezielle Leistung 239.
Selbstteilung, ihr Mechanismus 223.
Selbstwachstum 190.
Spezialdetermination 207.
Spezietät 212, 274; der Furchungszellen 67, 164.
Spezifikation 211, 274; Arten derselben 212; fortschreitende 239.
Stauung 187; Gestaltung durch sie 10, 99.
Störung 244; ihr Ausgleich 82—85; ihr inneres Bemerkbarwerden 261.
Struktur, funktionelle 97; ihre Ursache 97.
Superregeneration 78.
Teilungsrichtung der Furchungszellen, ihre Ursachen 192.
Teilursachen 139.
Teleologie 77, 267.
Teratologie, Verwendung 249.
Totaldetermination 206.
Totalpotenz 213.
— von Furchungszellen 67, von Stücken 32, 232; ihre Erklärung 260.

Digitized by Google

Translatio 218.
Transplantation, funktionelle 224.
Trophische Wirkung der Funktion 81.
Typisches, Definition 182, 40.
— als Ausgang der Forschung 14, 78, 236.
Umformulierung bei weitergehender Analyse 255.
Umkehrung der Froscheier 234.
Umwege der Entwickelung 6.
Umzüchtung, innere 263, 257.
Ursachen, Arten derselben 15; vollständige U. 15; determinierende 15, 39; realisierende oder ausführende 39; alterierende 39; Wirkung äusserer Gestaltungsursachen 57.
Urmund, seine Lage zum Froschembryo 159.
Urzeugung 108, 149.
Variationen, vererbbare müssen assimilieren 108; Zeitalter grosser V. 243.
Vererbung beruht auf Assimilation 108, 118, 127. V. der blastogenen Eigenschaften 127.
— somatischer Veränderungen 60, 217.
— sei nicht nötig 176.
Vermögen, entwickelungsmechanisches einzelner Teile 49, 195.
— typisches, atypisches 235.
Versuche, siehe Experiment.
Verwendung einer Zelle 235.
Vollkeimplasma, somatisches 218, seine Bedeutung für die Totalpotenz 213, 260.
Volumenwachstum 188.
Vorentwickelung 23, 152.
Vorkommen 22; Verwechselung mit Wirken 24, 165, 171, siehe auch Regel.
Wachstum 58, funktionelles 97, gestaltende Wirkung 187.
— Arten des W.-s 187.
— Periode des selbständigen W.-s 96.
Wechselwirkungen 99; gestaltende zwischen Explicitem und Implicitem 258.
— totale 242, 244.
Wirken 120; Beständigkeit desselben 153, siehe a. Gesetz; Verwechselung mit Vorkommen 165.
Wirkungsweisen 16, ihre Erforschung ist die Hauptaufgabe 17, 19; Möglichkeit dieser Erforschung 132; besondere W. im Organischen 17, 269; beständige 17; einfache 18; komplizierte 18; komplexe 18; Übereinstimmung der W. im typischen und atypischen Geschehen 251.
Zeit der explizitenDetermination 31.
Zeitfaktoren 137.
Zellkern, seine gestaltende Bedeutung 239; Embryonalanalyse seiner Potenzen 239.
— qualitative Halbierung 124, 126.
— seine evolutionistische Bedeutung 245.
Zellleib, seine epigenetische Bedeutung 245; s. auch Dotteranordnung.
Zweckmäßigkeit ist Dauerfähigkeit 77, 254; ihre Entstehung 81, 267.
Züchtung der Grundfunktionen des Lebens 109.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

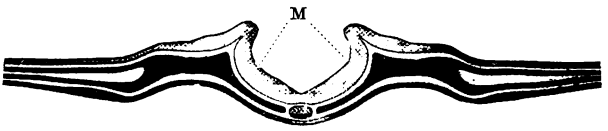


Fig. 4.

Fig. 5.

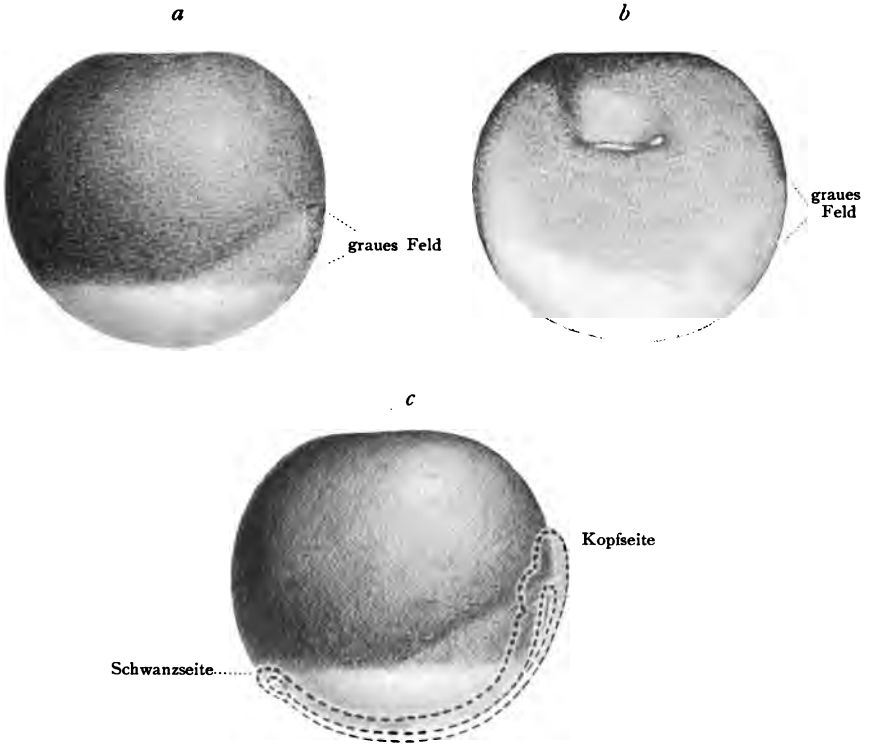
Verlag von

Digitized by Google

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

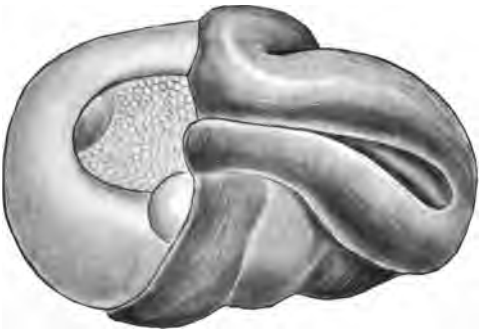


in Leipzig.

Digitized by Google

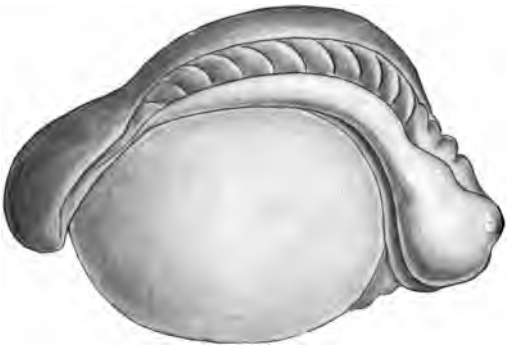
Digitized by Google

Fig. 11.



Kopfseite

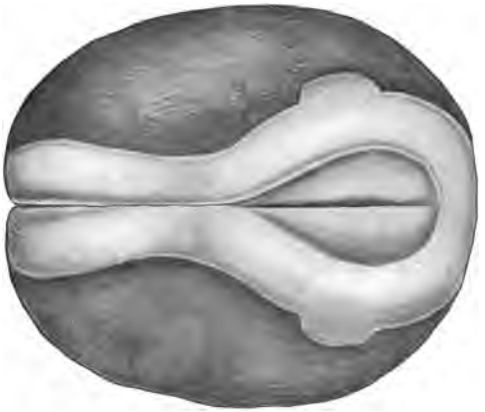
Fig. 10.



linke Schwanzhälfte

linke Kopfhälfte

Fig. 9.



Schwanzseite

Kopfseite

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 08970 7001

Digitized by Google

Digitized by Google